

SÉRIE A, N° 569

N° D'ORDRE

1298

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

M. LOUIS FRANÇOIS

PROFESSEUR A L'ÉCOLE D'AGRICULTURE DU CHESNOY

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LES PLANTES AQUATIQUES

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 10 Avril 1908, devant la Commission d'examen

MM. G. BONNIER..... *Président.*

GIARD..... }
HAUG..... } *Examineurs.*

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

420, boulevard Saint-Germain, 420

1908

SÉRIE A, N° 569
N° D'ORDRE
1298

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

M. LOUIS FRANÇOIS

PROFESSEUR A L'ÉCOLE D'AGRICULTURE DU CHESNOY

1^{re} THÈSE. — RECHERCHES SUR LES PLANTES AQUATIQUES

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le **10** Avril 1908, devant la Commission d'examen

MM. G. BONNIER..... *Président.*

GIARD.....
HAUG..... } *Examineurs.*



PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

LIBRAIRES DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

420, boulevard Saint-Germain, 420

1908

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

	MM.	
Doyen.....	P. APPELL, <i>Professeur...</i>	Mécanique rationnelle.
Doyen honoraire.....	G. DARBOUX.....	Géométrie supérieure.
Professeurs honoraires..	L. TROOST. Ch. WOLF. J. RIBAN	
	LIPPMANN.....	Physique.
	BOUTY.....	Physique.
	BOUSSINESQ.....	Physique mathématique et Calcul des probabilités.
	PICARD.....	Analyse supérieure et Algèbre supérieure.
	H. POINCARÉ.....	Astronomie mathématique et Mécanique céleste.
	Y. DELAGE.....	Zoologie, Anatomie, Phy- siologie comparées.
	G. BONNIER.....	Botanique.
	DASTRE.....	Physiologie.
	DITTE.....	Chimie.
	GIARD.....	Zoologie, Évolution des êtres organisés.
	KOENIGS.....	Mécanique physique et ex- périmentale.
	VÉLAIN.....	Géographie physique.
Professeurs	GOURSAT.....	Calcul différentiel et cal- cul intégral.
	CHATIN.....	Histologie.
	PELLAT.....	Physique.
	HALLER.....	Chimie organique.
	JOANNIS.....	Chimie (Enseign ^t P. C. N.).
	JANET.....	Physique — —
	WALLERANT.....	Minéralogie.
	ANDOYER.....	Astronomie physique.
	PAINLEVÉ.....	Mathématiques générales.
	HAUG.....	Géologie.
	TANNERY.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
	RAFFY.....	Application de l'Analyse à la Géométrie.
	HOUSSAY.....	Zoologie.
	H. LE CHATELIER.....	Chimie.
	N.....	Chimie biologique.
	N.....	Zoologie, Anatomie, Phy- siologie comparées.
	N.....	Physique.
	PUISEUX.....	Mécanique et Astronomie.
	LEDUC.....	Physique.
	HADAMARD.....	Calcul différentiel et calcul intégral.
Professeurs adjoints ..	MATRUCHOT.....	Botanique.
	MICHEL.....	Minéralogie.
	DAGUILLON.....	Botanique.
	BOUVEAULT.....	Chimie organique.
	BOREL.....	Théorie des fonctions.
	G. PRUVOT.....	Anatomie comparée.
	CAULLERY.....	Zoologie (Évolution des êtres organisés).
Secrétaire.....	A. GUILLET.	

A MON MAÎTRE

M. GASTON BONNIER

MEMBRE DE L'INSTITUT, PROFESSEUR A LA SORBONNE

Hommage respectueux
et témoignage de sincère reconnaissance.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

RECHERCHES
SUR
LES PLANTES AQUATIQUES
Par **L. FRANÇOIS**

Les recherches que j'ai entreprises sur la biologie d'un certain nombre de plantes aquatiques ont été poursuivies à un double point de vue. Je me suis, tout d'abord, occupé du mode de multiplication par voie végétative de quelques plantes, se rencontrant habituellement sur les rives des cours d'eau, et qui peuvent, par ce moyen, se propager à de grandes distances. Puis j'ai étudié la germination et les premières phases du développement de plusieurs Monocotylédones aquatiques, sujet sur lequel, jusqu'à présent, il n'a pas été fait de travail d'ensemble.

Cette étude sera, en conséquence, divisée en deux parties correspondant chacune à l'une des questions que je me suis proposé d'examiner :

PREMIÈRE PARTIE. — Rôle des stolons submergés dans la multiplication de quelques plantes aquatiques.

DEUXIÈME PARTIE. — Recherches sur la germination d'un certain nombre de Monocotylédones aquatiques.

PREMIÈRE PARTIE

ROLE DES STOLONS SUBMERGÉS DANS LA MULTIPLICATION DE QUELQUES PLANTES AQUATIQUES

INTRODUCTION

On connaît actuellement de nombreuses causes destinées à assurer la dissémination des plantes; dans beaucoup de cas, l'air et l'eau se chargent du transport des fruits ou des graines; d'autres fois on ne peut expliquer la distribution dans l'espace de certaines espèces végétales, que par l'intervention des animaux.

Dans les deux cas précédents, la plante subit passivement l'action des facteurs de dissémination; mais elle peut souvent aussi, avoir un rôle actif, qui vient s'ajouter au premier. Ce cas se présente lorsque la plante est rampante, lorsqu'elle possède des stolons, des rhizomes, etc.; en somme, lorsqu'elle produit des organes végétatifs servant à sa propagation et restant en continuité, au moins pendant un certain temps, avec le pied d'où ils tirent leur origine.

Beaucoup d'auteurs se sont occupés des différents modes de multiplication des plantes terrestres; d'autres ont étudié le même sujet chez les plantes aquatiques et l'on sait avec quelle facilité certaines d'entre elles se multiplient par rhizomes, stolons et même rameaux détachés. L'exemple le plus typique et le plus universellement connu, se rapportant à ce dernier cas, est certainement celui de l'*Elodea canadensis*.

Chez les plantes franchement aquatiques, la multiplication végétative, sous ses diverses formes, est une règle à peu près constante; et, ce mode de conservation de la plante paraît ici l'emporter de beaucoup sur celui dont le point de départ est la graine.

De très nombreux travaux ont été faits à ce point de vue, et,

ne pouvant les rapporter tous, je signalerai ici quelques-uns d'entre eux. Tout d'abord Irmisch (1) a donné dans un ouvrage général sur les plantes pourvues de bulbes, tubercules ou rhizomes, un certain nombre d'indications sur la multiplication de quelques espèces de Monocotylédones aquatiques. Un peu plus tard Ad. Chatin (2), au cours de recherches d'anatomie comparée végétale, signala, chez les *Potamogeton*, la présence de rameaux particuliers, très riches en amidon, capables de propager la plante, lorsque la souche est trop âgée ou arrachée. Beaucoup plus tard, M. Sauvageau (3) a décrit et figuré des rameaux boutures, appartenant à certaines espèces du genre précédent. Royer (4), dans sa flore de la Côte-d'Or, donne de nombreux détails sur les organes de multiplication végétative des plantes qu'il décrit; en particulier, il signale sur beaucoup de plantes aquatiques la formation de bourgeons d'hiver, plus ou moins serrés, auxquels il donne le nom d'hibernacles (5), capables de fournir en se développant, après s'être dans la plupart des cas détachés de la plante mère, une plante semblable à celle dont ils proviennent. Le même auteur signale également la faculté que possèdent un certain nombre d'espèces aquatiques, de se propager par rameaux détachés allant s'enraciner le long des rives. Enfin, tout récemment M. H. Glück (6), dans la seconde partie d'un important ouvrage sur les plantes aquatiques, s'occupe également des bourgeons d'hiver. Il donne les caractères distinguant ces organes des bourgeons ordinaires; indique l'époque de leur apparition et les différentes causes qui peuvent accélérer ou retarder leur formation et leur développement. Le rôle de ces organes est très longuement étudié.

Je me suis proposé, dans ce travail, de rechercher le mode de multiplication de quelques plantes se rencontrant habituel-

(1) Irmisch, *Zur Morphologie der Knollen und Zwiebelgewächse* (Berlin, 1850).

(2) Ad. Chatin, *Recherches d'anatomie comparée végétale* (C. R. Acad. des Sc., 27 novembre 1854).

(3) Sauvageau, *Notes biologiques sur les Potamogeton* (Journ. de Bot., 1894).

(4) Royer, *Flore de la Côte-d'Or* (Paris, 1881).

(5) Ce terme a été employé par d'autres auteurs antérieurement à Royer, en particulier par Treviranus pour le *Potamogeton crispus* (Bot. Zeitung, 1837).

(6) H. Glück, *Biologische und Morphologische Untersuchungen über Wasser- und Sumpfgewächse* (Theil II, 1907).

lement dant des stations très mouillées et qui, malgré cela, n'ont pas une vie exclusivement aquatique : ces plantes s'accommodant de terrains marécageux, mais aussi parfois pouvant vivre sur des sols très peu humides.

D'une façon générale, les espèces qui font l'objet de cette étude ont été toutes examinées sur place. La végétation du *Mentha aquatica*, en particulier, a été suivie en différents endroits des berges de cours d'eau (canaux et rivières), pendant plusieurs années. D'autre part, un certain nombre d'expériences ont été conduites de pair avec l'étude des plantes en place et sont venues confirmer les points laissés obscurs par l'observation directe. J'étudierai d'abord, avec détail, deux espèces végétales assez éloignées, le *Mentha aquatica* et le *Lysimachia vulgaris* ; puis plus rapidement, d'autres plantes, dont deux : le *Lycopus europæus* et le *Stachys palustris* se rapprochent, au point de vue où je me suis placé, du *Mentha aquatica*, comme on peut s'y attendre.

Dans les pages qui vont suivre, je donnerai, chaque fois qu'il le sera nécessaire, les indications bibliographiques, se rapportant plus particulièrement à l'objet de mon travail.

CHAPITRE PREMIER. — *MENTHA AQUATICA*

1. — MORPHOLOGIE EXTERNE DES STOLONS SUBMERGÉS (1).

Au commencement de l'été, il se forme généralement dans la région où la tige principale s'est courbée pour devenir ascendante, et sur quelques nœuds, souvent aériens, parfois souterrains, mais près du niveau du sol, des stolons qui, se dirigeant vers l'eau, y pénètrent et y flottent en se tenant d'habitude un peu au-dessous du niveau. L'extrémité végétative s'incline peu à peu vers le fond, et l'ensemble, qui peut dépasser 2 mètres,

(1) Irmisch (*Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pflanzen*, Halle, 1856) signale l'existence de stolons aquatiques, mais cet auteur, dans les quelques lignes qu'il leur consacre, n'a en vue que l'aspect de leurs feuilles, il les regarde comme représentant des formes de passage gradué entre les écailles et les feuilles normales, sans d'ailleurs insister sur la forme même de ces feuilles aquatiques.

prend l'aspect d'une courbe plus ou moins allongée, portant à chaque nœud une paire de feuilles et des racines latérales (fig. 1).

Près de leur point de départ, tant qu'ils rampent sur le sol, ces stolons à quatre angles nets sont peu épais (environ 2 millimètres) et ont leurs entrenœuds moyennement allongés (en général de 3 à 5 centimètres) (1), mais aussitôt arrivés dans l'eau ils s'arrondissent et s'épaississent sans toutefois perdre complètement leur allure carrée générale. A partir du point où les stolons deviennent aquatiques, leur épaisseur se main-

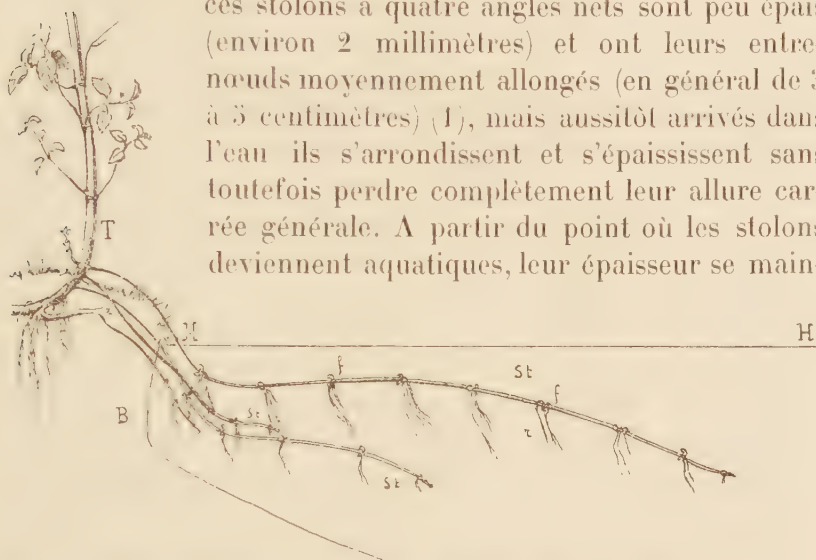


Fig. 1. — *Mentha aquatica*. — Disposition générale des stolons aquatiques; St, stolons aquatiques; f, paires de feuilles; r, groupes de racines; T, tige de la souche terrestre; B, berge; HH, niveau de l'eau.

tient en moyenne entre 3 et 5 millimètres suivant les échantillons. D'autre part, la torsion habituelle des parties aériennes rampantes, grâce à laquelle les feuilles se disposent sur deux rangées, est, ici, peu ou pas marquée et les feuilles se placent sur quatre rangs. La teinte des stolons est variable avec l'éclairement, elle peut être pourpre ou blanche, mais est généralement verte, plus ou moins pourprée sur les faces supérieures. Les feuilles, opposées à chaque nœud, petites, ovales, peu ou pas pétiolées, mais seulement rétrécies à la base, ont un limbe qui ne dépasse guère 10 à 12 millimètres; dans toutes leurs parties elles sont beaucoup plus simples que les feuilles aériennes de la tige dressée (fig. 2). La plupart du temps elles

(1) Lorsque le stolon est d'abord souterrain, par conséquent à l'état de rhizome, son épaisseur est un peu plus grande que dans les portions rampantes qui font suite.

se tordent et se recourbent de façon à présenter autant que possible leur face ventrale à la lumière. Enfin, le stolon se termine par un bourgeon dissocié par suite de la croissance intercalaire rapide des premiers entre-nœuds (1).



Fig. 2. — *Mentha aquatica*. — F, feuille aérienne; f, feuille submergée d'un stolon aquatique.

Les bourgeons axillaires, surtout ceux des nœuds moyens et terminaux, se développent en rameaux, dont beaucoup, formés de quelques entre-nœuds très rapprochés, restent courts et se redressent verticalement; d'autres, moins nombreux, s'allongent, se comportent comme l'axe principal

et donnent lieu aux mêmes observations.

Les racines latérales des stolons submergés peuvent dépasser 10 centimètres, mais ont en moyenne 5 et 6 centimètres de long; en vieillissant elles se ramifient et, toutes, sauf les plus jeunes qui demeurent blanches pendant quelque temps, sont colorées en vert par suite de la présence de chlorophylle dans les cellules de leur écorce. En ce qui concerne le mode d'attache de ces racines, on peut établir trois cas principaux :

Les unes, opposées, alternant avec les feuilles, existent à chaque nœud, ce sont les racines latérales habituelles. Les autres apparaissent, soit un peu au-dessus et généralement par côté d'un bourgeon axillaire, soit près du point d'attache des feuilles. Ces trois groupes de racines peuvent d'ailleurs exister simultanément, sauf au niveau des derniers nœuds où l'on trouve seulement les racines de la première catégorie.

D'une façon générale, ces organes ont toujours tendance à se former sur les faces qui regardent le fond. En ce qui concerne les racines du premier groupe, si les faces opposées sur lesquelles elles doivent apparaître sont telles que l'une d'elles soit tournée vers le haut, la racine supérieure avorte ou bien se recourbe immédiatement vers le bas.

(1) M. Maige a signalé un phénomène identique chez les rameaux rampants (*Annales des Sciences naturelles*, 1900).

Ajoutons, pour terminer cette description des stolons submergés, que les feuilles et les racines des nœuds voisins de la souche, se détruisent généralement, laissant de légères saillies comme traces de leur existence.

2. — MORPHOLOGIE INTERNE.

Les particularités de ces organes sont, d'une façon générale, en relation avec le milieu aquatique où ils se sont développés. Outre la présence de lacunes aérifères et la réduction de l'appareil de soutien, signalons les caractères suivants :

Stolon. — a. *Épiderme.* — Les cellules épidermiques sont pourvues d'une cuticule épaisse et striée, et elles contiennent assez souvent un pigment rouge (anthocyanine) dissous dans le suc cellulaire. Il existe des stomates peu nombreux dont les cellules proéminentes possèdent seules de la chlorophylle. Quant aux poils sécréteurs, ils sont abondants, surtout sur les parties jeunes, et ont le même aspect que ceux des tiges aériennes.

b. *Écorce.* — Les cellules corticales forment d'abord quelques couches assez serrées au voisinage de l'épiderme, puis s'arrondissent laissant entre elles de grandes lacunes, sauf aux angles, où le collenchyme habituel des tiges des plantes de la famille des Labiées est encore très net, quoique réduit. Les cellules endodermiques sont pourvues d'un anneau épaissi; ces épaississements commencent à apparaître dès le troisième ou le quatrième entre-nœud et s'accroissent de plus en plus pour finir par occuper l'étendue entière des parois latérales des cellules. Toutes les régions de l'écorce contiennent de la chlorophylle dont la proportion va en diminuant à mesure qu'on se rapproche du cylindre central (fig. 3 et 4).

c. *Cylindre central.* — Le cylindre central possède, comme c'est le cas général chez les Labiées, des faisceaux libéroligneux angulaires, en dehors desquels se trouvent quelques fibres lignifiées pérycycloïques. Outre les faisceaux précédents, il en existe toujours de plus petits, placés latéralement : ce sont les faisceaux foliaires. Quant à la moelle, elle est dépourvue de lacune centrale.

D'autre part, à une distance très courte de l'extrémité du sto-

lon, l'assise génératrice est continue, il s'est formé alors un anneau complètement lignifié en face duquel se sont différenciés de place en place des faisceaux libériens.

Le cylindre central peut contenir de la chlorophylle : on en trouve dans le péricycle et parfois même un peu dans la moelle.

Feuilles. — L'épiderme est cutinisé et

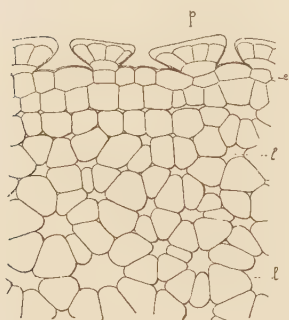


Fig. 3. — *Mentha aquatica*. — Épiderme et portion de l'écorce d'un entre-nœud très jeune d'un stolon submergé; P, poils sécréteurs; e, épiderme; l, lacunes.

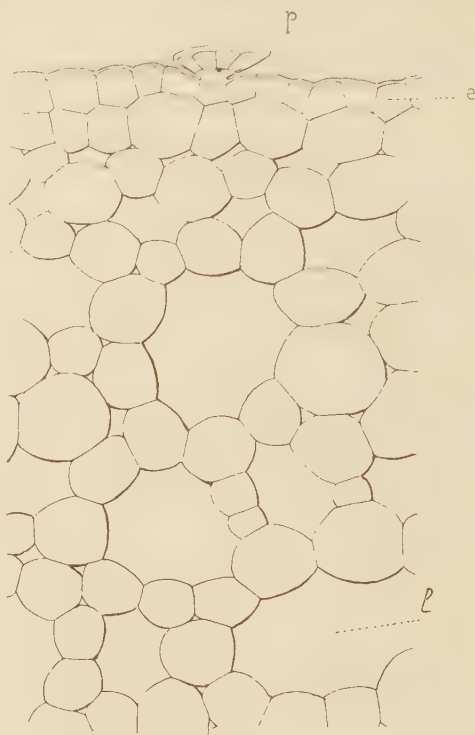


Fig. 4. — *Mentha aquatica*. — Épiderme et portion de l'écorce d'un entre-nœud de la région moyenne d'un stolon submergé. Mêmes lettres que dans la figure 3. Même échelle que celle de la figure 3.

dépourvu de chlorophylle, sauf dans les cellules stomatiques. Les stomates et les poils sécréteurs, moins nombreux que dans les feuilles aériennes, sont répartis à peu près également sur les deux faces. Le parenchyme est homogène et formé par un tissu lacuneux et chlorophyllien où les cellules sous-épidermiques sont légèrement épaissies en face des nervures.

Racines. — a. *Assise pilifère.* — L'assise pilifère prolonge çà et là quelques-unes de ses cellules en poils absorbants et s'exfolie assez tardivement.

b. *Écorce.* — L'assise subéreuse est formée de grandes cellules allongées dans le sens radial en section transversale ;

elles sont épaissies sur leurs faces latérales, mais parfois aussi sur tout leur pourtour. Les cellules de la zone corticale externe sont arrondies, laissant entre elles des méats ou des lacunes généralement plus développées dans les racines âgées. Dans la zone corticale interne les cellules se disposent régulièrement en séries radiales avec de larges méats ; dans les portions âgées des racines, il y a tendance à se former, entre ces files de cellules, de grandes lacunes rayonnantes. Les cellules endodermiques présentent des épaississements cutinisés sur leurs faces latérales (fig. 5). D'une façon générale, ces racines aquatiques contiennent de la chlorophylle dans leur écorce, l'assise subéreuse exceptée.

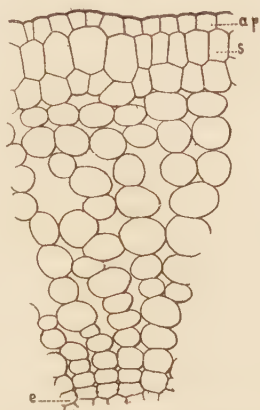


Fig. 5. — *Mentha aquatica*. — Assise pilifère et écorce d'une racine d'un stolon aquatique ; coupe près de la base ; *ap*, assise pilifère ; *s*, assise subéreuse ; *e*, endoderme.

c. Cylindre central. — Les faisceaux ligneux sont en nombre variable avec la taille et les différentes régions de la racine. Une coupe faite à environ 1 centimètre du sommet d'une racine appartenant au troisième nœud avant l'extrémité du stolon, présente 5 faisceaux ligneux. En d'autres points, ou sur d'autres racines, on pourrait en trouver 6 et même davantage sur les vieilles racines.

La moelle, dont le rayon atteint environ l'épaisseur de l'écorce, peut être assez tôt complètement lignifiée, mais elle ne l'est généralement pas dans les jeunes racines ou les parties jeunes des racines plus âgées.

3. — RÔLE DES STOLONS AQUATIQUES.

En automne et parfois dès la fin de l'été, l'extrémité végétative se redresse, formant un axe vertical, avec quelques paires de feuilles ; cet axe généralement très court est un peu plus gros que le reste du stolon. Sur les nœuds situés dans la zone courbée se produisent de fortes racines latérales, assez nom-

breuses, atteignant ou non le fond, suivant la courbure du stolon ou la profondeur de l'eau.

Durant la plus grande partie de l'hiver elles ne se fixent pas : tout au moins ce cas est peu fréquent, car je ne l'ai jamais constaté sur de très nombreux échantillons examinés en place d'une manière suivie (1). En somme, d'une façon générale, pendant tout l'hiver la croissance de ces organes est très ralentie.



Fig. 6. — *Mentha aquatica*. — Extrémité redressée et épaissie d'un stolon aquatique avant l'enracinement.

En février ou mars, l'extrémité végétative se remet à croître ; sur l'axe redressé se forment des feuilles de même aspect extérieur que celles produites vers la fin de l'été, mais beaucoup plus fortes ; il en est de même de l'axe, depuis son bourgeon terminal jusqu'à la portion du stolon précédant de quelques nœuds la partie courbée. Les nœuds de toute cette région sont d'ailleurs très rapprochés. A ce moment les racines s'enfoncent dans le sol où elles finissent par se fixer solidement. Les différences de taille que je viens de signaler sont dues très probablement à un accroissement de nutrition, qui se manifeste même avant que les racines se soient fixées (2) (fig. 6). Au delà d'une distance assez courte, à partir du point d'enracinement cet accroissement ne se fait plus sentir et les portions du stolon, situées loin de ces points, se détruisent, séparant ainsi la souche de la portion submergée enracinée, qui forme ainsi un nou-

(1) Sur les berges à pente très douce, ou à pente régulière, par exemple dans les parties maçonnées des berges de canaux, il peut arriver que des stolons suivent à peu près cette pente, alors ils peuvent s'enraciner çà et là au niveau de quelques nœuds, mais d'habitude l'extrémité reste flottante.

(2) Dans les rhizomes, en général, M. Van Tieghem pense que le redressement de l'extrémité végétative peut être causé par une nutrition plus active d'où résulte une plus forte croissance (*Traité de Botanique*, I, p. 269).

veau pied, parfois complètement aquatique, alors que le plant dont il provient est terrestre. D'autre part, il arrive souvent que la portion du stolon dont il vient d'être parlé se désorganise

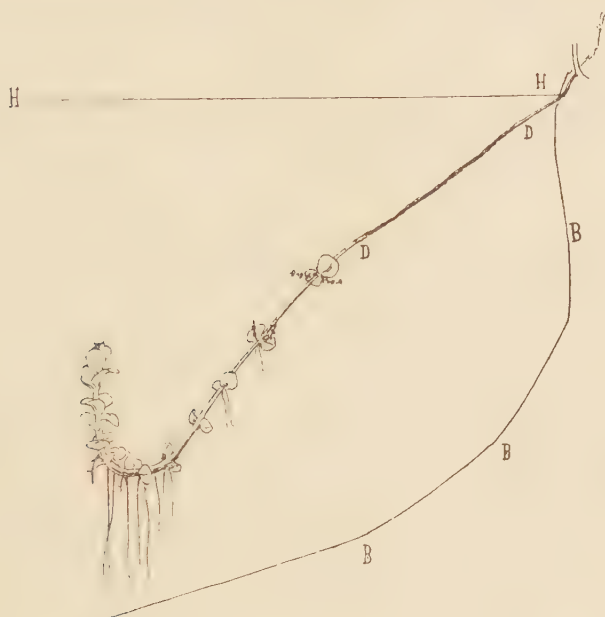


Fig. 7. — *Mentha aquatica*. — Aspect général d'un stolon aquatique en hiver : DD, portion désorganisée; HH, niveau de l'eau; BB, berge.

avant l'enracinement (fig. 7), on voit alors des rameaux détachés, qui, entraînés par le courant le long des berges et placés à l'abri des remous, s'enracinent et forment des souches nouvelles.

En général un certain nombre de rameaux latéraux, restés courts pendant l'hiver, se développent comme l'extrémité du stolon, mais jamais dans des proportions aussi considérables. Les touffes de racines qui se trouvent sur les nœuds d'où ces rameaux partent, peuvent se fixer au sol, c'est ce qui se produit sur les berges peu inclinées où le stolon est toujours plus fort et par suite peut fournir un nouveau plant plus vigoureux que ceux donnés par les rameaux axillaires.

Quant aux feuilles, nées au printemps et dans l'eau sur les axes enracinés, dimensions mises à part, elles ressemblent aux feuilles submergées ordinaires, quoique déjà un peu plus dentées

et sont souvent fortement pourprées : mais à mesure que la tige sort de l'eau les feuilles se rapprochent de plus en plus du type aérien qui finit par persister seul.

CHAPITRE II. — *LYSIMACHIA VULGARIS*.

I. — MORPHOLOGIE EXTERNE DES STOLONS SUBMERGÉS.

Environ aux mêmes époques que le *Mentha aquatica*, le *Lysimachia vulgaris* produit des stolons qui deviennent aquatiques. Ces formations ont été signalées par Royer (1) qui, à ce sujet, s'exprime de la façon suivante : « Quand le *L. vulgaris* croît sur les berges des rivières, les drageons sortent assez souvent de la terre par l'effet de la déclivité du sol et passent à l'état de stolons qui s'avancent dans l'eau, y flottent, s'y ramifient et peuvent atteindre 4 à 5 mètres de longueur. »

J'ai étudié longuement et sur un grand nombre de plantes en place ces formations et voici les observations qu'il convient d'ajouter aux précédentes.

Les stolons, tout d'abord, peuvent se former assez haut sur la tige, au-dessus du sol, à tel point qu'on peut trouver en opposition au même nœud, une branche ascendante avec feuilles aériennes ordinaires et un stolon écailleux à longs entre-nœuds allant flotter dans l'eau (fig. 8). Ce cas, il est vrai, n'est pas très fréquent et la plupart du temps les stolons aquatiques se développent à la base de la tige dressée dans la région où le rhizome qui a fourni cette tige s'est enraciné fortement. Les bourgeons axillaires, aux dépens desquels ces appareils prennent naissance, auraient probablement fourni des rhizomes dans les conditions ordinaires de végétation ; tandis qu'ici la course souterraine de ces ramifications est très courte, souvent nulle.

D'ailleurs, quel que soit le point de départ d'un stolon, il se comporte de la même façon pour des conditions identiques de milieu ; et, dans l'eau il s'allonge plus ou moins, pendant que

(1) Royer, *Flore de la Côte-d'Or* (Loc. cit.).

son extrémité végétative s'enfonce, rappelant ainsi la manière de croître des stolons du *Mentha aquatica*.

La longueur de l'axe est en relation avec la nature du cours d'eau dans lequel il flotte ; c'est ainsi que dans les canaux, où le courant est à peu près nul, les stolons sont moins allongés que dans les rivières où ils peuvent dépasser de plusieurs mètres les dimensions indiquées par Royer. Lorsque les stolons sont d'abord terrestres, ils restent minces jusqu'au moment où ils atteignent l'eau ; ensuite ils s'épaississent du double et parfois davantage ; leur diamètre dans la région moyenne peut atteindre 1 centimètre à 1^{cm},5. Les entre-nœuds sont différemment étendus ; les uns, très longs, ont en moyenne 15 centimètres, les autres, plus courts,

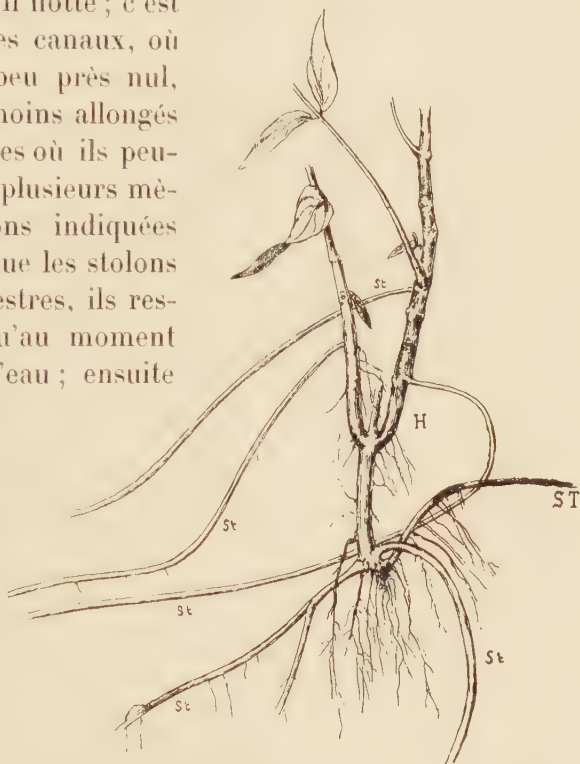


Fig. 8. — *Lysimachia vulgaris*. — Disposition générale des stolons aquatiques d'un pied enraciné dans l'eau ; ST, stolon aquatique de l'année précédente en partie désorganisé, ayant fourni par enracinement de son extrémité le plant pourvu de feuilles, qui à son tour produit de stolons aquatiques, St, St ; H, niveau de l'eau.

sont compris entre des nœuds parfois tellement rapprochés que les écailles sont presque opposées. D'ailleurs, çà et là, surtout vers les extrémités des stolons ou de leurs ramifications, on trouve des écailles réellement opposées.

En ce qui concerne la teinte des stolons, on retrouve les mêmes particularités que dans le *Mentha aquatica* ; tant qu'ils sont flottants et en lumière, ils sont colorés en pourpre assez foncé sur la face supérieure, tandis que la face inférieure est généralement plus ou moins verdâtre.

Les feuilles sont ici réduites à des écailles, souvent pourprées, appliquées sur le stolon et portant à leur aisselle un bourgeon axillaire, ce dernier se développe généralement d'une façon normale, mais il peut arriver, d'ailleurs assez rarement, que l'écaille soit déchirée ou même trouée par le rameau issu de ce bourgeon.

Dans le courant du mois de septembre et souvent dès

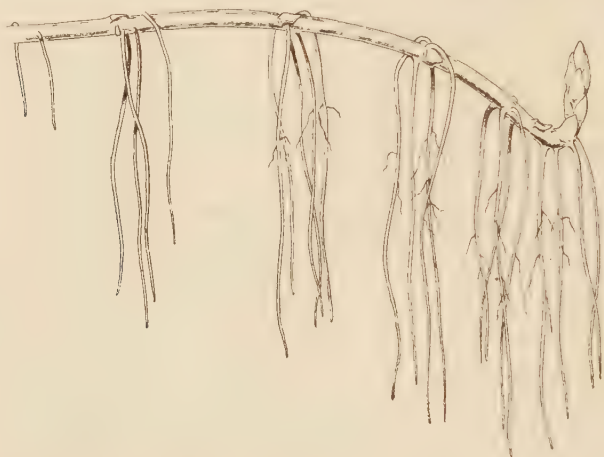


Fig. 9. — *Lysimachia vulgaris*. — Disposition des racines adventives et des écailles dans la partie terminale d'un stolon aquatique dont l'extrémité est déjà redressée.

le mois d'août, il se forme, sur les stolons submergés, des racines adventives. Il peut s'en produire çà et là, en des points quelconques du stolon, mais c'est principalement dans ses dernières portions que ces racines sont les plus nombreuses et les plus longues. La plupart du temps elles sont réunies par touffes au niveau de deux écailles voisines; ces touffes commencent à apparaître à environ 12 à 15 centimètres de l'extrémité végétative et grandissent à mesure que l'on se rapproche de la région où, comme dans le *Mentha aquatica*, l'axe du stolon va se recourber pour devenir ascendant; comme les entrenœuds sont de plus en plus courts, les touffes de racines sont de plus en plus serrées (fig. 9).

Dans chaque touffe, les racines ne se produisent pas exclusivement sur les parties inférieures ou latérales du stolon, mais aussi sur les parties supérieures, elles se recourbent alors brusquement comme dans le *Mentha aquatica*. Quant à l'extrémité

végétative, dont le changement de direction coïncide avec le développement des grandes racines adventives, elle forme un petit axe ayant au plus quelques centimètres de haut, à entrenœuds très courts, et dont le diamètre est toujours plus grand que celui du reste du stolon.

En somme, on voit, d'après tout ce qui précède, que la végétation des stolons submergés se rapproche beaucoup de celle des rhizomes ordinaires de la plante. Cependant, dès à présent, on constate nombre de différences entre ces deux sortes d'organes : différences qui résident d'abord dans la longueur des stolons aquatiques, dans leur direction, enfin dans la courbure toujours plus brusque de l'extrémité, qui fait un angle inférieur à 90° avec la direction primitive. Mais par leurs ramifications, les stolons s'éloignent plus encore des rhizomes.

A ce point de vue, on peut distinguer deux catégories de ramifications. Tout d'abord il existe des rameaux, assez peu nombreux, qui s'allongent beaucoup, se comportent comme le stolon, sur lequel ils se sont développés et donnent lieu aux mêmes remarques quant à leur morphologie externe.

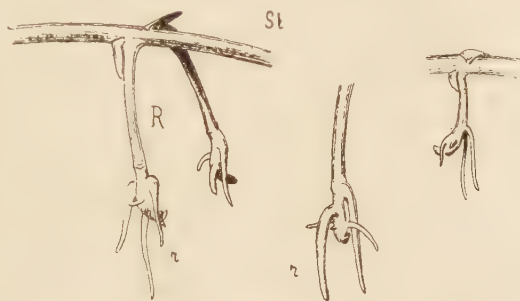


Fig. 10. — *Lysimachia vulgaris*. — Jeunes rameaux R à géotropisme positif, dont l'extrémité libre commence à se redresser; St, stolon aquatique ordinaire; r, racines adventives.

D'autre part, le stolon principal ou ses ramifications allongées produisent à l'aisselle d'un grand nombre d'écailles, des rameaux courts, assez minces, se dirigeant nettement vers le fond, dès leur apparition, en faisant un angle voisin de 90° avec l'axe sur lequel ils sont placés (1). Leur géotropisme est donc positif sur toute leur étendue et il reste tel, jusqu'au moment où les racines adventives qui se développent sur ces rameaux aient pris une certaine longueur (fig. 10). Puis l'extrémité du rameau se

(1) Les stolons sur lesquels ces formations ont été étudiées étaient situés dans des eaux peu profondes.

recourbe brusquement, en faisant parfois un angle tellement aigu, que le petit axe redressé est presque appliqué contre les portions précédentes. Il s'ensuit que les racines adventives qui se produisent ici, de la même façon et aux mêmes points que sur le stolon principal, sont, sur une portion de leur étendue, parallèles au rameau qui les porte (fig. 11). On peut remarquer que le géotropisme positif apparaît toujours à un moment donné de l'existence des stolons aquatiques, moment qui peut précéder de plus ou moins longtemps l'apparition des grandes touffes de racines. Mais il y a d'énormes variations dans son intensité, et on peut trouver dans le système entier des stolons aquatiques d'un individu, toutes les transitions entre un géotropisme positif très faible, où l'axe se redresse pour ainsi dire dès le début, et un géotropisme positif très fort analogue à celui des rameaux précédents.



Fig. 11. — *Lysimachia vulgaris*. — Rameau à géotropisme positif, plus âgé, dont l'extrémité est entièrement redressée.

Enfin il semble que ce géotropisme positif est beaucoup plus marqué sur les ramifications que sur l'axe principal.

2. — MORPHOLOGIE INTERNE.

En ce qui concerne l'anatomie des stolons aquatiques, je signalerai les particularités suivantes.

Stolon principal et ramifications. — a. *Épiderme.* — Les cellules épidermiques, dans les régions jeunes, sont pourvues d'une cuticule nette, et se prolongent de place en place en poils glanduleux. Dans les régions plus âgées, la cuticule est épaisse et plissée et les poils glanduleux font presque entièrement défaut. Ça et là, mais assez rarement, l'épiderme peut présenter des stomates.

b. *Ecorce.* — D'une façon générale, l'écorce est formée de cellules arrondies, qui, au voisinage de l'épiderme, ont leur

membrane assez épaissie. Peu à peu elles laissent entre elles de grands méats, puis des lacunes, lesquelles d'ailleurs sont beaucoup plus étendues dans le stolon principal et ses grandes ramifications que dans les petits rameaux (fig. 12 et 13).

Les cellules corticales se serrent dans la région profonde de l'écorce, qui se termine par un endoderme dont les cellules sont munies d'épaississements latéraux cutinisés.

c. *Cylindre central*. — Tout à fait à l'extrémité des jeunes

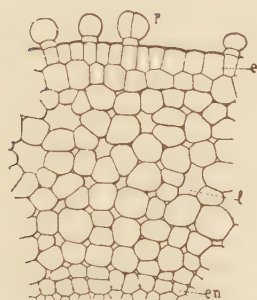


Fig. 12. — *Lysimachia vulgaris*. — Épiderme et écorce d'un jeune entre-nœud d'un stolon aquatique; e, épiderme; p, poils; l, lacunes; en, endoderme.

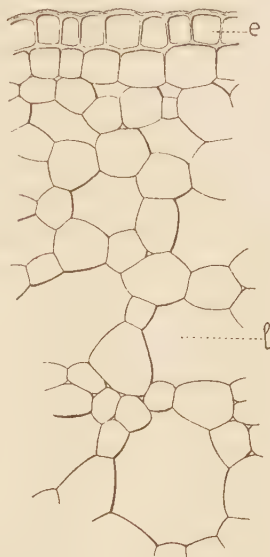


Fig. 13. — *Lysimachia vulgaris*. — Épiderme et écorce d'un entre-nœud plus âgé d'un stolon aquatique. Mêmes lettres que dans la figure 12.

rameaux il existe quatre faisceaux libéroligneux; mais de très bonne heure, l'assise génératrice est continue, de sorte qu'à distance très courte de l'extrémité des rameaux ou du stolon principal, il existe un cercle de bois, en face duquel se différencient des faisceaux libériens. De plus, il apparaît des fibres péricycliques qui peuvent arriver à former un anneau presque complet. La moelle, dont le rayon est à peu près égal à l'épaisseur de l'écorce, est formée de cellules arrondies, entre lesquelles existent des lacunes, d'ailleurs moins développées que celles de l'écorce.

Feuilles. — Les feuilles écailleuses, dépourvues de parenchyme palissadique, ont des stomates très saillants sur les deux faces.

Racines. — Les cellules de l'assise pilifère se prolongent en poils absorbants assez nombreux.

L'assise subéreuse est formée de cellules allongées dans le sens radial et épaissies sur les côtés.

Les cellules de la zone corticale externe laissent entre elles de petits méats ; celles de la zone corticale interne sont disposées en séries radiales. D'une façon générale, dans les parties jeunes des racines, les espaces intercellulaires ne sont que des méats, rarement des lacunes, tandis que dans les parties plus âgées, le parenchyme cortical externe devient très lacuneux.

Les cellules endodermiques possèdent des épaississements latéraux. Enfin on peut trouver de la chlorophylle dans l'écorce.

Le cylindre central présente un nombre variable de faisceaux ligneux suivant les racines ou leurs différentes régions. Il en existe souvent 4 ; dans les jeunes racines, parfois 3 ; un peu plus haut près de la base on peut en trouver 6.

3. — RÔLE DES STOLONS.

En général, les stolons et leurs ramifications se conduisent au point de vue de la multiplication de la plante, de la même façon que ceux du *Mentha aquatica*. L'enracinement peut avoir lieu dès l'automne, et je vais décrire ici quelques expériences qui permettent de se rendre compte de la marche de la fixation.

Au début de l'été, je recueillis sur la berge d'un cours d'eau, un plant entier de Lysimaque vulgaire, portant à la base deux stolons, aquatiques dans la plus grande partie de leur longueur. Ce pied fut transplanté de telle façon que les stolons puissent continuer leur évolution dans des conditions se rapprochant autant que possible des circonstances habituelles (ils pouvaient s'allonger dans l'eau, au-dessus d'une certaine épaisseur de terre).

L'un des stolons, brisé près de son point de départ, fut rejeté ; l'autre continua à s'allonger, puis ayant été brisé à quelque distance de son extrémité végétative, il donna deux rameaux, dont un seul fut conservé. Ce dernier, vers la fin d'août, devint géotropiquement positif. C'est alors qu'apparurent les premières

racines adventives, et, environ dix jours après, l'extrémité végétative se redressa en un petit axe gros et court, pourvu d'écaillés serrées (R, fig. 14). Pendant ce temps, les racines adventives assez nombreuses s'enfoncèrent dans le sol, les deux premières directement, ainsi que toutes celles situées entre la région plongeante du stolon et la partie redressée; tandis que la troisième, très oblique, se fixa bien en avant, le tout maintenant ainsi solidement l'extrémité du stolon (fig. 14).

Dans le courant d'octobre, les portions antérieures de celui-ci se desséchant, je le coupai à quelques centimètres avant les premières racines, et pendant tout l'hiver, la portion fixée ne subit aucune modification. Enfin dans les derniers jours de mars,

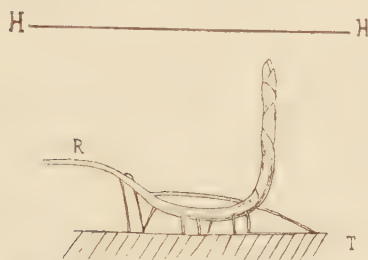


Fig. 14. — *Lysimachia vulgaris*. — Aspect, durant l'hiver, d'un jeune rameau aquatique enraciné: R, rameau; r, racines adventives; HH, niveau de l'eau; T, sol.

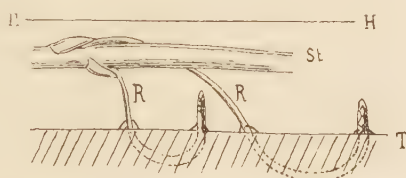


Fig. 15. — *Lysimachia vulgaris*. — Jeunes rameaux submergés, dont une portion passe à l'état de rhizome; St, stolon aquatique ordinaire; R, rameaux; HH, niveau de l'eau; T, sol.

la végétation reprit et l'axe redressé fournit une tige un peu grêle, ramifiée, avec feuilles aériennes normales.

D'autres expériences effectuées soit dans des conditions semblables, soit en prenant comme sujets d'expérience des rameaux détachés, me donnèrent les mêmes résultats, mais souvent avec une modification intéressante. C'est ainsi qu'il peut arriver que le rameau en se courbant s'enfonce dans la terre, passant ainsi, pendant un temps assez court, à l'état de rhizome, car il se redresse et sort du sol en faisant toujours un coude assez brusque (fig. 15, R).

Dans les conditions naturelles, il est certain que les stolons aquatiques servent à la propagation de la plante à distance, car j'ai trouvé, au milieu d'un ruisseau de 15 à 20 centimètres de profondeur, à courant assez fort, des pieds de Lysimaque fortement enracinés. La base de chacun d'eux était constituée par

une portion courbe, volumineuse, et continuée, d'un côté par un gros axe dressé avec rameaux et feuilles, de l'autre par une partie étroite, horizontale, reste évident de l'extrémité du stolon aquatique de l'année précédente.

A leur tour ces plants donnaient naissance à de grands stolons, se conduisant comme je l'ai indiqué plus haut (fig. 8). Ainsi, dans les cours d'eau peu profonds, la propagation de la plante s'effectue facilement à de grandes distances puisque certains stolons peuvent dépasser 6 à 7 mètres de long.

La multiplication, par cette sorte de marcottage, ne peut guère se produire que dans des cours d'eau de faible profondeur. Dans les autres, à moins que, comme j'ai pu le remarquer quelquefois, les stolons ne soient rejetés contre les berges par les mouvements de l'eau, c'est surtout par portions détachées que la propagation s'effectue. En tout cas, quelle que soit sa station, la plante, comme le *Mentha aquatica*, peut toujours utiliser ses stolons aquatiques.

Remarquons pour terminer, que cependant, entre les stolons de ces deux végétaux, existent des différences assez grandes. Les stolons du *Lysimachia vulgaris*, par l'ensemble de leurs caractères, se rapprochent beaucoup des rhizomes de cette plante et ont une tendance très marquée à repasser à cet état, chaque fois que les circonstances le permettent.

Chez le *Mentha aquatica*, on ne remarque pas cette particularité; tout au plus peut-il arriver parfois qu'un stolon, rampant sur un fond à pente très douce ou nulle, soit recouvert de limon. C'est peut-être à cette tendance qu'il faut attribuer le géotropisme positif si net dans les rameaux des stolons aquatiques du *Lysimachia vulgaris*.

CHAPITRE III. — *LYCOPUS EUROPÆUS*

1. — MORPHOLOGIE EXTERNE DU STOLON SUBMERGÉ (1).

Les stolons du *Lycopus europæus* prennent naissance à la

(1) Irmisch, *Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pflanzen*, 2. Abtheilung. (Halle, 1856), signale l'existence de stolons aquatiques. L'auteur dit qu'ils peuvent s'étendre horizontalement sur « 2 aunes » de long et possèdent des feuilles minces et profondément dentées; il indique également la façon dont peuvent se répartir les racines latérales sur ces stolons.

base de la tige, soit un peu au-dessus de la surface du sol, soit un peu au-dessous et se disposent par paires sur un certain nombre de nœuds, à l'aisselle de feuilles écailleuses finement



Fig. 16. — *Lycopodium europæus*. — Aspect général de la base d'un plant terrestre;
St. portions basales de stolons destinés à devenir aquatiques; e, écailles.

pectinées. Pres de leur point de départ, ces stolons sont d'abord ascendants sur 1 à 2 centimètres de long, puis se recourbent pour ramper sur le sol (fig. 16, st.). Suivant la position de la tige aérienne sur les berges, ils sont plus ou moins longuement rampants avant de devenir aquatiques. Lorsque la berge est abrupte ou surplombante, ils peuvent même, à partir du bord, pendre dans l'air avant d'atteindre la surface de l'eau.

Dès leur origine, ou à quelque distance de ce point, et tant

qu'ils sont terrestres, ces stolons ont une section carrée très nette, et une épaisseur comprise en général entre 1 millimètre et 1 millimètre et demi. Les entre-nœuds, très courts au début, s'allongent peu à peu sans dépasser 4 centimètres en moyenne; de plus, ils subissent une torsion qui, dans les parties rampantes, à chaque nœud, ramène sur les côtes les faces correspondant aux points d'attache des écailles (fig. 16 : disposition qui n'existe pas dans leurs parties aquatiques).

D'ailleurs, ces écailles, sur la plus grande longueur de la partie terrestre, tombent et ne sont plus représentées que par de légères saillies, à l'aiselle desquelles des rameaux dressés ou rampants peuvent se développer. Il en est de même des racines adventives, qui, à chaque nœud, sont généralement détruites (fig. 16).

Au contraire, dans toute la partie aquatique du stolon, on trouve à chacun des nœuds une paire d'écailles et en moyenne deux paires de racines latérales d'environ 5 à 7 centimètres.

Comme dans les plantes précédentes, les entre-nœuds sont, d'une façon générale, plus longs et plus épais que dans les portions terrestres. Quant à la longueur totale du stolon submergé, elle est souvent un peu moins grande que chez le *Mentha aquatica*.

Ces stolons sont surtout remarquables par l'épaisseur relativement considérable, comparée à celle des 15 ou 20 derniers centimètres, que prend la plus grande partie de leur région moyenne.

Cette augmentation de volume, qui se rencontre également d'ailleurs, à la partie inférieure des tiges dressées lorsque cette région est submergée, a été signalée par quelques auteurs et étudiée au moins dans la tige dressée (1) (fig. 17).

La teinte des stolons donne lieu aux mêmes remarques que chez les plantes précédemment étudiées.

Les feuilles écailleuses, plus ou moins pourprées, ont l'aspect de petites lames, généralement convexes sur la face ventrale,

(1) Royer, *Flore de la Côte-d'Or*. — Lewakoffski, *De l'influence de l'eau sur le développement de la tige et de la racine de quelques plantes*. Mem. de l'Acad. imper. de Kazan, 1873.

munies, sur la plupart des nœuds, de quelques pointes à l'extrémité (fig. 17, A-e).

Sur les derniers entre-nœuds et quelque temps avant que

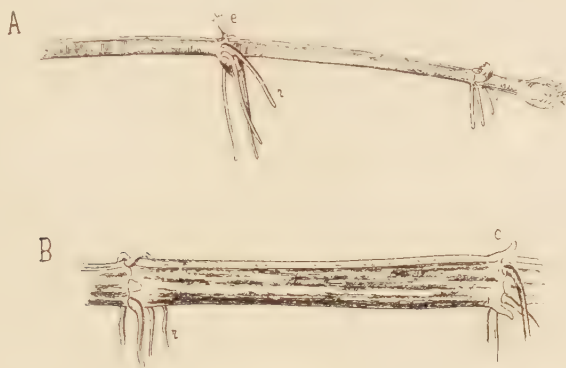


Fig. 17. — *Lycopodium europæus*. — A, extrémité d'un stolon aquatique : B, entre-nœud de la partie moyenne et spongieuse du même ; e, écailles ; r, racines adventives.

l'extrémité du stolon se redresse, les racines se multiplient, formant alors des touffes nombreuses : elles apparaissent non seulement en alternance avec les écailles, mais même en face de ces dernières, surtout quand celles-ci sont disposées sur les côtés.

2. — MORPHOLOGIE INTERNE.

Stolon. — 1^{re} Région jeune : deuxième entre-nœud à partir de l'extrémité libre.

a. *Épiderme.* — Les cellules sont serrées et un peu allongées dans le sens radial. Beaucoup se prolongent en poils sécréteurs pluricellulaires ; d'autres, plus rares, forment des poils différents, composés d'une cellule basilaire surmontée d'une cellule conique.

b. *Écorce.* — L'écorce qui possède de la chlorophylle surtout dans ses parties externes, commence par une assise sous-épidermique de cellules serrées, un peu plus larges que celles de l'épiderme, et, comme elles, un peu allongées radialement. Puis viennent des cellules arrondies, laissant entre elles de grandes lacunes, assez régulières, surtout dans la région moyenne. L'endoderme ne présente pas d'épaississements

et aux angles du stolon le collenchyme n'existe pas (fig. 18).

c. *Cylindre central*. — En dehors des faisceaux libéroligneux angulaires, le cylindre central possède déjà à ce niveau un certain nombre de faisceaux latéraux ; d'ailleurs dans les plus petits le liber seul est différencié.

La moelle est dépourvue de lacune centrale ; cette région,

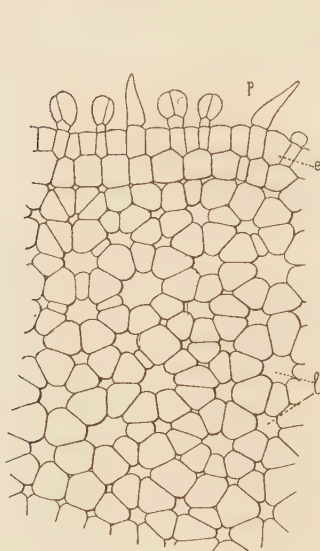


Fig. 18. — *Lycopodium europæus*. — Épiderme et partie de l'écorce d'un jeune entre-nœud d'un stolon aquatique; e, épiderme; p, poils; l, lacunes.

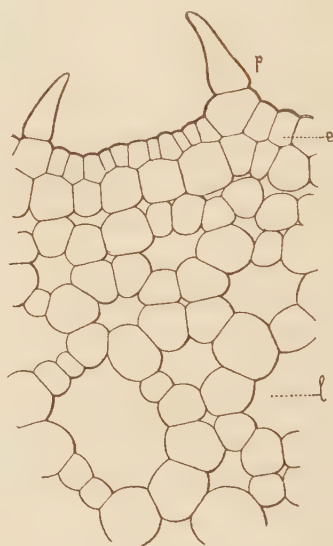


Fig. 19. — *Lycopodium europæus*. — Épiderme et partie de l'écorce d'un entre-nœud un peu plus âgé. Mêmes lettres que dans la figure 18.

comme chez les plantes précédentes, est très étendue et occupe environ les deux tiers de la largeur de la coupe.

2° *Troisième entre-nœud à partir de l'extrémité libre.*

L'épiderme ne présente que de très rares poils sécréteurs ; il n'y a pour ainsi dire que les poils de la deuxième catégorie et encore sont-ils assez peu nombreux.

Les lacunes de l'écorce sont plus grandes (fig. 19) ; aux angles du stolon les parois cellulaires sont parfois très légèrement épaissies ; à ce niveau l'assise génératrice interne est à peu près continue.

3° *Entre-nœud de la région spongieuse.*

Dans l'écorce se trouvent de grandes cellules irrégulières, laissant entre elles de très larges lacunes.

Ce tissu spongieux, qui d'ailleurs est largement développé, est tellement mou qu'il est à peu près impossible de faire une coupe dans cette région sans déchirer l'épiderme et une partie de l'écorce. Il est vrai que presque toujours ces tissus sont crevassés naturellement. Les cellules endodermiques ne semblent pas être intéressées par cette modification, elles ont leurs faces latérales entièrement épaissies (1) fig. 20 .

Dans le cylindre central il s'est différencié des fibres péricycliques, principalement en face des faisceaux libéroligneux où elles forment des plages en demi-cercle touchant l'endoderme par leur partie externe.

Quant à la moelle, elle présente de très grandes lacunes et occupe environ la moitié de la section.

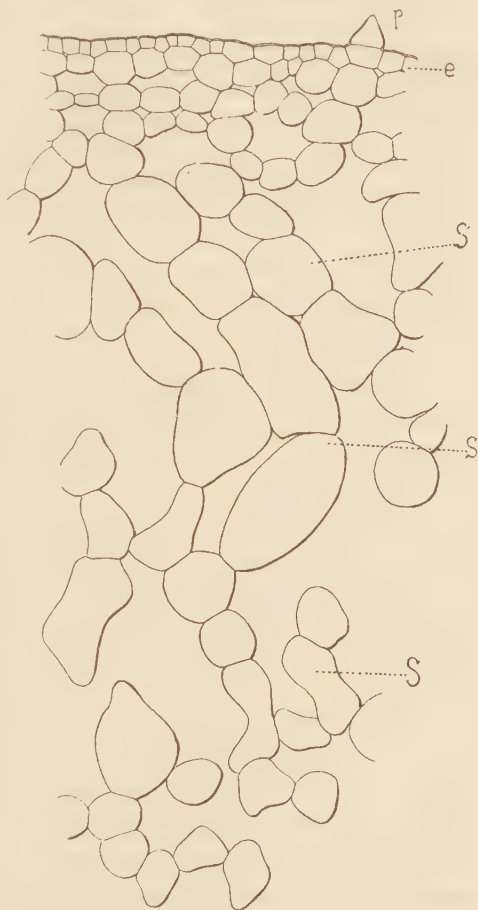


Fig. 20. — *Lycopus europæus*. — Coupe dans un entre-nœud de la région spongieuse; e, épiderme; p, poil; S, tissu spongieux. Échelle : deux tiers de celle des figures 18 et 19.

(1) Dans le compte rendu (*Ann. des Sc. nat. Bot.*, 1885) du travail de M. Lewakoffski signalé plus haut, il est dit que « si on fait des coupes à la même hauteur dans des tiges de plantes ayant poussé dans l'eau et sur terre, on voit dans la tige des premières, entre le cambium et le parenchyme cortical, deux séries de cellules translucides dépourvues de chlorophylle, trois à quatre fois plus longues que larges. Dans les portions de la tige situées au-dessous du niveau de l'eau ces deux séries de cellules se sont transformées en tissu épais, lacuneux. L'épiderme et l'écorce se détruisent de bonne heure à ce niveau ». Les cellules qui constituent ce tissu tireraient leur origine du cambium.

Royer, dans sa *Flore de la Côte-d'Or*, dit d'autre part : « Dans les stations

Feuilles — Les bractées possèdent des stomates, d'ailleurs peu nombreux, sur leurs deux faces, mais principalement sur la face dorsale. L'épiderme est dépourvu de chlorophylle, et entoure un parenchyme lacuneux.

Racines. — Au-dessous de l'assise pilifère dont les cellules se prolongent çà et là en poils absorbants, l'assise subéreuse est formée de cellules allongées dans le sens du rayon et épaissies surtout sur les côtés.

Dans les jeunes racines l'écorce presque tout entière est formée de files radiales de cellules qui laissent entre elles de larges méats.

Le parenchyme cortical, sauf l'assise subéreuse, est souvent fortement chargé de chlorophylle; on peut en trouver jusqu'au voisinage de l'endoderme; ce dernier possède comme d'habitude des épaississements latéraux.

Le cylindre central ne présente rien de très particulier. La moelle, sans lacune, possède au centre une ou deux cellules plus grandes et ne tarde d'ailleurs pas à se lignifier.

3. — RÔLE DES STOLONS AQUATIQUES.

Le développement ultérieur des stolons aquatiques rappelle ce qui se passe chez le *Menziesia aquatica*. Dès l'automne l'extrémité se redresse, devient plus épaisse que les portions fortement radicautes, précédant immédiatement la région courbée, et porte sur ses nœuds très serrés, des paires de feuilles écailleuses, plus longues que les premières et très pectinées. Elles ressemblent à celles de la figure 16 a, ce qui se comprend puisque cette région est destinée à former la base d'une tige dressée.

Lorsque l'eau est peu profonde, l'enracinement peut avoir lieu sur le fond même, mais généralement il s'effectue sur les bords contre lesquels les mouvements de l'eau appliquent le stolon. Il peut même arriver que des stolons rejetés au-dessous d'une berge surplombante et déjà redressés, s'accroissent verticale-

submergées, la base des tiges est atteinte d'une hypertrophie corticale qui peut en quintupler le volume, mais qui est beaucoup moins prononcée chez les rejets et les pseudorrhizes. Cette hypertrophie est formée d'un tissu blanc, lacuneux, situé à l'extérieur du liber. »

ment en pénétrant dans la terre qui les surmonte, se conduisant ainsi comme s'ils provenaient du bourgeon terminal d'un rhizome.

D'autre part, on constate, dès le milieu de l'automne, que le stolon devient de plus en plus fragile dans ses entre-nœuds spongieux; il s'y forme de nombreuses lésions, de sorte que la moindre traction peut les briser. La multiplication de la plante peut donc se faire ici encore par rameaux détachés. Il suffit d'ailleurs, comme pour le *Mentha aquatica*, de placer des parties terminales de stolon, dans de l'eau surmontant une petite couche de terre, pour les voir s'enraciner et se développer au printemps suivant en une jeune tige dressée.

CHAPITRE IV. — *STACHYS PALUSTRIS*.

1. — MORPHOLOGIE EXTERNE DES STOLONS SUBMERGÉS.

Les stolons aquatiques de cette plante peuvent dépasser deux mètres de long (1). Leurs entre-nœuds, qui atteignent en moyenne 10-11 centimètres avec une largeur de 5-7 millimètres, sont creux et cassants, sauf ceux de l'extrémité qui, sur une quinzaine de centimètres de long sont plus courts, plus renflés que ceux qui les précèdent immédiatement et présentent une lacune centrale beaucoup moins développée (fig. 21, A).

A chaque nœud, se trouve une paire d'écailles assez simples, de contour général triangulaire, avec, parfois, de très légères ébauches de dents sur les côtés. Ces écailles sont appliquées sur la tige, à moins que le bourgeon axillaire qui se trouve à leur aisselle se développe en rameau (fig. 21, B).

Les racines peuvent atteindre 10 centimètres de long; mais sont souvent plus courtes. Elles se développent, comme d'habitude aux nœuds, en alternance avec les écailles. Sur les nœuds de la région moyenne on en trouve généralement deux paires et, dans chaque paire, les racines se placent aux angles

(1) Irmisch, *Beiträge zur vergleichenden Morphologie der Pflanzen* (Halle, 1856), dit que lorsque la plante se trouve sur les bords d'un étang les stolons peuvent atteindre une longueur de « 2 aunes ».

mêmes du stolon ; parfois elles se bifurquent dès leur base (fig. 21, B). D'autre part, lorsque le stolon a été cassé ou blessé, il peut se former un bourrelet cicatriciel sur lequel

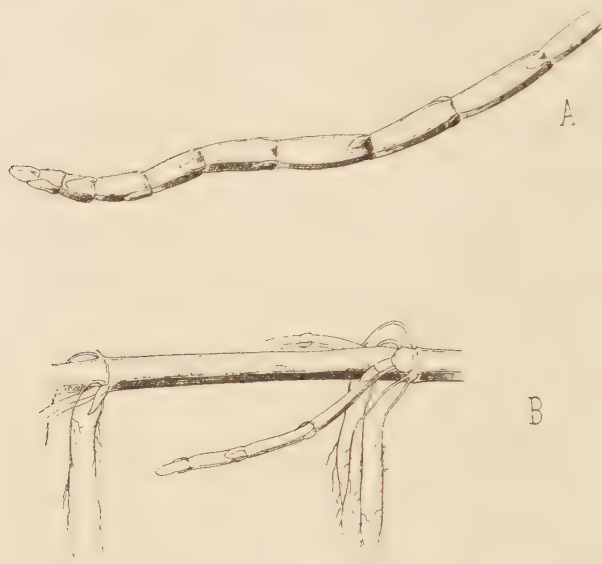


Fig. 21. — *Stachys palustris*. — A, extrémité d'un stolon aquatique ; B, portion de la région moyenne du même.

naissent quelques racines adventives. Tout ce système radiculaire est d'ailleurs assez peu important et, contrairement à ce qui a lieu d'habitude, les nœuds de l'extrémité sont dépourvus de racines. Même, à la base de la partie ascendante de certains stolons redressés dès l'automne et encore flottants, on ne voit que de rares racines, au lieu de ces touffes volumineuses trouvées chez les plantes précédentes.

2. — MORPHOLOGIE INTERNE.

Stolon. — 1° *Coupe au-dessous du bourgeon terminal* (fig. 22).

L'épiderme est formé de cellules serrées, avec çà et là des poils glanduleux tricellulaires.

L'écorce présente d'abord deux rangées de cellules également assez serrées, et un peu allongées dans le sens radial, comme celles de l'épiderme. Puis viennent des cellules arrondies qui laissent entre elles de petites lacunes. Aux angles le

collenchyme est à peine indiqué. Il n'y a pas d'épaississements endodermiques.

Le cylindre central est très large relativement à l'écorce. Les faisceaux angulaires mis à part, on distingue de plus sur chaque face du cylindre central, un certain nombre de petits faisceaux dans la plupart desquels le liber seul est différencié.

La moelle est dépour-

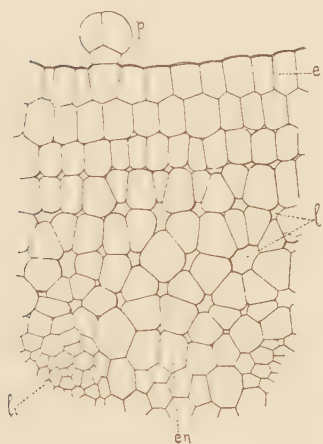


Fig. 22. — *Stachys palustris*. — Coupe dans un très jeune entre-nœud d'un stolon aquatique; *e*, épiderme; *p*, poil; *l*, lacunes; *en*, endoderme; *li*, liber.

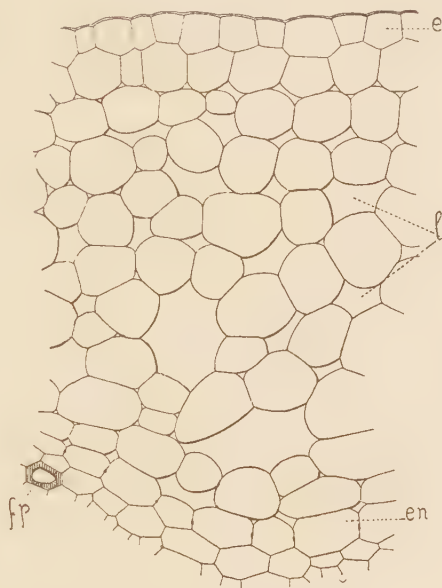


Fig. 23. — *Stachys palustris*. — Coupe dans un entre-nœud de la région moyenne d'un stolon aquatique; *e*, épiderme; *l*, lacunes; *en*, endoderme; *fp*, fibre péri-cyclique. Échelle de cette figure : huit neuvièmes de celle de la figure 22.

vue de lacune axiale et occupe les trois quarts environ de la section transversale.

2° Coupe dans le troisième entre-nœud avant le bourgeon terminal.

Les cellules épidermiques sont moins serrées et les poils font défaut ou tout au moins sont très rares.

Dans l'écorce, les cellules sont plus grandes et laissent entre elles de plus larges lacunes. L'endoderme présente de petits épaississements.

La moelle possède une assez grande lacune centrale.

3° Coupe dans un entre-nœud de la région moyenne (fig. 23).

L'écorce se creuse de lacunes plus importantes et présente souvent de larges déchirures autour desquelles se forme une sorte de tissu cicatriciel. Aux angles, le collenchyme est plus net. L'endoderme possède des épaississements plus forts.

Dans le cylindre central, l'assise génératrice continue a développé un anneau complètement lignifié ; les faisceaux libéroligneux sont nombreux, séparés par d'assez larges rayons médullaires et on remarque quelques fibres péri-cycliques sur leur face externe.

La lacune médullaire est très grande.

Feuilles. — L'épiderme cutinisé des écailles possède des stomates sur les deux faces, mais ils paraissent plus nombreux sur la face ventrale. Dans les écailles jeunes on voit çà et là quelques poils.

Le parenchyme homogène est formé de cellules arrondies. Dans les écailles un peu âgées, en face de la nervure principale, les cellules placées sous l'épiderme sont épaissies ; le liber de la nervure est protégé extérieurement par un arc de fibres.

Racines. — Dans les jeunes racines et dans les radicelles

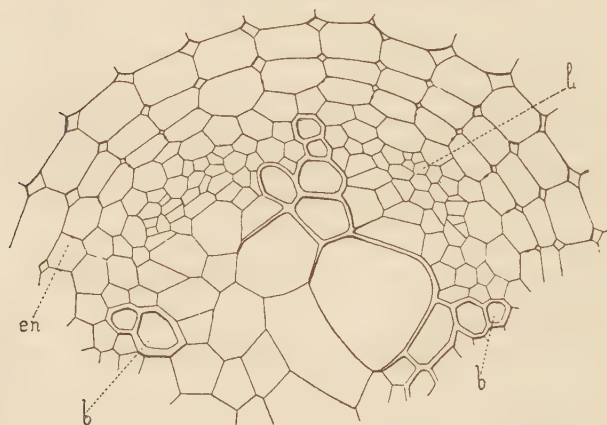


Fig. 24. — *Stachys palustris*. — Coupe dans une racine adventive et submergée ; en, endoderme ; li, liber ; b, bois.

le parenchyme cortical presque tout entier a ses cellules disposées en séries radiales. Généralement les épaississements endodermiques sont très petits.

Le nombre des faisceaux du bois varie suivant l'âge et la

région de la racine. Dans les jeunes radicelles on en trouve trois ; dans les racines plus âgées il peut y en avoir cinq et généralement la moelle est entièrement lignifiée. Dans certains cas, la moelle est occupée par trois ou quatre très larges cellules, incomplètement lignifiées, qui en réalité ont l'apparence de vaisseaux déformés et mal différenciés (fig. 24).

Les racines possèdent de la chlorophylle dans le tissu cortical.

3. — RÔLE DES STOLONS AQUATIQUES.

Ici, dans beaucoup de cas la multiplication s'opère parallèlement aux rives par retour du stolon à l'état de rhizome. Il arrive en effet que de très longs stolons aquatiques atteignent par leur extrémité les parties des berges voisines du niveau de l'eau et s'y enfoncent peu à peu ; les nouveaux pieds, auxquels ils donneront naissance, ne seront donc pas fixés dans l'eau, mais situés dans le sol même des rives ; et c'est d'ailleurs dans cette position que se présentent à peu près tous les pieds de *Stachys palustris* qui fournissent des stolons aquatiques. En tous cas la propagation de la plante s'est effectuée à une distance beaucoup plus grande, que celle qui aurait pu être atteinte par le moyen des rhizomes ou des stolons habituels.

D'ailleurs le stolon aquatique étant assez cassant, il peut s'en détacher des fragments qui, s'ils possèdent des nœuds pourvus de faisceaux de racines, pourront se fixer sur les bords des cours d'eau.

Je terminerai en signalant les particularités que peuvent présenter au point de vue de la multiplication quelques végétaux ne vivant généralement pas en milieu aquatique, mais qui, cependant, peuvent y persister pendant un temps plus ou moins long.

C'est ainsi que très fréquemment, on remarque, sur des rives en pente rapide, de nombreux stolons de *Potentilla reptans*, pénétrant dans l'eau et s'y développant. Les entre-nœuds de ces parties aquatiques sont allongés souvent plus longuement

que ceux de la partie terrestre. Les feuilles, entièrement submergées, ont un pétiole qui peut atteindre 7-10 centimètres alors que la largeur entière de l'ensemble des folioles ne dépasse pas 2 centimètres (fig. 25). D'ailleurs à part ces

différences de taille, ces folioles ressemblent à celles des feuilles terrestres.

Les racines, disposées aux nœuds, sont fortement chevelues, sauf celles des nœuds terminaux, qui sont longues et peu ramifiées.

On trouve ainsi pendant une grande partie de l'année de nombreux stolons submergés, qui d'ailleurs paraissent incapables de persister dans l'eau d'une année à l'autre. Mais, si on en brise une portion, et qu'on la place sur de la terre humide ou surmontée d'une légère couche d'eau, ils s'enracinent très facilement et continuent à se développer. Il est donc possible que des fragments de stolons cassés accidentellement, entraînés au loin et abandonnés sur les berges, puissent propager la plante. Il est vrai qu'ici le

stolon rampe sur le fond, mais comme il n'y est pas fixé, un déplacement des couches d'eau, un peu fort, comme celui provoqué par le passage d'un bateau peut les soulever. La rupture est alors facilitée, d'autant mieux que le cours d'eau est plus étroit (canaux).

Le *Ranunculus repens* présente de pareils stolons, modifiés de la même façon que ceux du *Potentilla reptans* et donnant lieu aux mêmes remarques; enfin le *Cynodon Dactylon* produit de longs rameaux flottants qui peuvent probablement multiplier la plante par rupture et transport des parties brisées le long des rives



Fig. 25. — *Potentilla reptans*. —
Feuilles submergées.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

En résumé, on voit que les organes que je viens de décrire ne sont pas autre chose que des stolons ou des rhizomes ordinaires, développés en milieu aquatique et ayant subi l'influence de ce milieu. Leur plasticité, tout au moins chez quelques espèces, le *Mentha aquatica* en particulier, est d'ailleurs très grande. C'est ainsi que si on place dans l'eau des individus pourvus de rameaux rampants, colorés en pourpre très foncé, avec feuilles pétiolées velues (en somme présentant les caractères d'une plante de terrains secs), ces stolons continuent à se développer et, dans ces nouvelles conditions de milieu, perdent peu à peu leur aspect aérien et donnent au bout d'un temps plus ou moins long, des rameaux dressés, par développement de leurs bourgeons terminaux ou axillaires. Inversement, des rameaux développés dans l'eau, peuvent, lorsque celle-ci vient à leur manquer, persister, à condition d'être çà et là enracinés.

Leurs particularités de structure et d'adaptation mises à part, on voit combien est remarquable le rôle de ces organes joint à celui de l'eau dans la multiplication de la plante. L'eau, en les soutenant, leur permet de s'allonger beaucoup plus que sur terre où leur développement peut être gêné par la végétation touffue qui couvre si souvent les berges des cours d'eau. Au contraire, dans l'eau, la plante se propage d'un seul coup à une distance relativement grande et non seulement par un seul plant terminal, mais aussi par tous ceux qui peuvent se produire le long du stolon, quand il rampe sur le fond, ou lorsqu'il est rejeté sur le bord par les courants.

Mais, c'est surtout par le transport de rameaux détachés, soit naturellement, soit accidentellement, que l'eau joue le plus grand rôle dans la dissémination de ces plantes; et il n'y a probablement que très peu de rameaux perdus, car pour peu que l'eau soit tranquille et peu profonde, beaucoup s'enracinent avec une extrême facilité.

Enfin, ajoutons que l'homme lui-même intervient dans ce mode de propagation. Souvent, en effet, il suffit de briser un

stolon en plusieurs fragments et d'en placer les tronçons dans l'eau au-dessus d'un peu de terre, pour les voir s'enraciner et produire par leurs différents bourgeons des rameaux dressés, qui pourront s'isoler complètement les uns des autres. Or, dans les cours d'eau navigables, en particulier dans les canaux relativement étroits par rapport aux dimensions des chalands qui les parcourent, on voit fréquemment, soit à l'avant, soit accrochés au gouvernail de ces embarcations, de nombreux fragments de plantes, pour la plupart arrachés à la végétation aquatique riveraine, par les différentes manœuvres que nécessite la navigation. Des portions de stolons peuvent ainsi par ce moyen être entraînées fort loin de leur lieu d'origine et propager l'espèce en tous sens, d'une façon absolument indépendante de la direction des courants.

DEUXIÈME PARTIE

RECHERCHES SUR LA GERMINATION D'UN CERTAIN NOMBRE DE MONOCOTYLÉDONES AQUATIQUES

Les travaux relatifs aux Butomées, Alismacées, Najadacées, familles de l'ancien groupe des Fluviales, sont sinon très nombreux, du moins très précis en ce qui concerne la morphologie et l'anatomie de la plupart de ces végétaux. Il ne semble pas en être de même au point de vue de leur germination et des premières phases de leur développement. Les différents auteurs qui ont fait, des débuts de l'évolution de ces plantes, l'objet de leurs recherches, se sont occupés principalement de la morphologie externe, alors que l'étude anatomique correspondante, lorsqu'elle existe, est généralement un peu superficielle.

D'ailleurs, dans la plupart des cas, les jeunes plantules en voie de développement sont très ténues dans toutes leurs parties, et j'ai éprouvé souvent, pour cette raison, de grandes difficultés au cours de ce travail.

La méthode employée pour étudier la structure interne des germinations, a été celle des coupes en séries, de fragments ou de jeunes individus tout entiers, inclus dans la paraffine. D'autre part, toutes ces germinations ont été obtenues dans une pièce chauffée durant l'hiver, où la température moyenne était environ de 12 à 15°.

CHAPITRE PREMIER. — *BUTOMÉES*.

Le *Butomus umbellatus*, seule espèce indigène, fait l'objet de ce chapitre.

Les travaux sont ici peu nombreux et la plupart ne se rapportent qu'à l'étude du fruit et de la graine. La structure de ces organes n'intéressant pas très directement le but de ce

travail, on retiendra seulement que, dans la graine, la couche externe du tégument (testa) est assez dure et couverte de petits tubercules régulièrement disposés en lignes longitudinales. Comme on le sait, dans le *Butome*, l'embryon est droit, dans les autres genres il est courbé; l'albumen fait défaut (1).

La radicule a donné lieu à un certain nombre de recherches de la part de M. Treub (2) et de M. Flahault (3).

1. — RÉCOLTE DES GRAINES ET ÉPOQUES DE GERMINATION.

Les graines, très fines, de cette plante, ont été récoltées à la fin du mois de septembre et mises en expérience quelques jours après: les unes dans l'eau surmontant un peu de terre, les autres sur terre humide.

Les premières surnagent pendant quelque temps, mais dès le lendemain, un léger choc ou un simple mouvement de l'eau, suffit pour les faire peu à peu tomber au fond. A partir de ce moment, l'eau du vase qui renferme ces graines est renouvelée régulièrement au moins deux fois par semaine.

Malgré ces précautions, le nombre des germinations a été très faible; de plus, elles se sont réparties irrégulièrement sur les mois d'octobre, mars et juillet, époque à laquelle elles ont été le plus nombreuses.

Sur terre humide, où les graines furent conservées jusqu'au mois d'août, je n'ai constaté aucune germination.

En somme, sur environ une centaine de graines, mises en expériences au mois de septembre 1906, je n'ai obtenu que 10 germinations se répartissant de la façon suivante:

Dans l'eau :			Sur terre humide :
5 octobre 1906...	4	germinat.	Aucune germination.
21 mars 1907.....	4	—	
20 juillet 1907.....	8	—	

(1) Citons parmi les auteurs ayant parlé du fruit et de la graine du *Butomus umbellatus* :

Le Maout et Decaisne, *Traité général de Botanique* (Édition 1876).

Buchenau dans *Die natürlichen Pflanzenfamilien* (A. Engler et K. Prantl, II, 1. Abteilung) et dans *Das Pflanzenreich*, 1903 (Engler).

(2) Treub, *Le méristème primitif de la racine des Monocotylédones* (Leyde, 1876).

(3) Ch. Flahault, *Recherches sur l'accroissement terminal de la racine chez les Phanérogames* (1878).

2. — MORPHOLOGIE EXTERNE.

L'embryon étant droit, en se développant il s'allonge à peu près parallèlement au grand axe de la graine, conservant ainsi la direction qu'il possède à l'intérieur de celle-ci. Parfois la petite plante reste quelque temps couchée sur le sol, d'autres fois elle se dresse verticalement dès le début de la germination.

Examinons un de ces jeunes plants, lorsqu'il a acquis une longueur de 1 centimètre environ (fig. 26). Tout d'abord on n'y distingue que trois parties d'inégale longueur :

a. La plus grande, qui correspond par sa partie inférieure à l'axe hypocotylé (*ah*) et par sa partie supérieure, de beaucoup la plus longue, au cotylédon (*co*), atteint environ 7 millimètres avec une épaisseur inférieure à 0^{mm}.5. En examinant cette portion avec attention, on distingue à environ 1^{mm}.5 de son extrémité inférieure, un très léger renflement, indiquant la place du nœud cotylédonaire; comme on le voit, l'axe hypocotylé est très court. Inférieurement il se termine par une région un peu élargie, sorte de talon, sous lequel se fixent d'assez longs poils absorbants, formant ainsi une couronne d'où surgit la radicule.

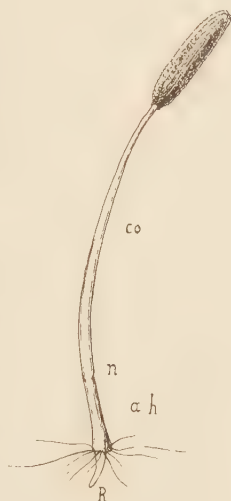


Fig. 26. — *Butomus umbellatus*. — Jeune germination; R, radicule; *ah*, axe hypocotylé; *n*, nœud cotylédonaire; *co*, cotylédon.

Le cotylédon, dont la longueur est à ce moment d'environ 6^{mm}.5, est blanc, cylindrique, et sa pointe est abritée par les téguments de la graine, qui persistent à son sommet parfois très longtemps.

b. La radicule, très courte, d'environ 0^{mm}.5, légèrement courbée à son extrémité, et encore dépourvue de poils absorbants.

c. La graine, d'environ 2 millimètres de long, réduite à ses téguments, de la partie inférieure desquels s'échappe le cotylédon.

Si, maintenant, nous examinons un plant plus développé,

d'une longueur totale de 17 millimètres, nous constatons les modifications suivantes (fig. 27) :

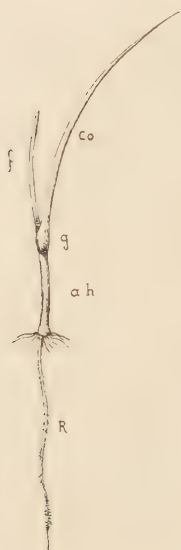


Fig. 27. — *Butomus umbellatus*. — Germination plus âgée; R, racine principale; ah, axe hypocotylé; g, gaine; co, cotylédon; f, première feuille.

L'axe hypocotylé, légèrement teinté de vert, s'est allongé et atteint 3 millimètres de long, mais son diamètre a peu varié, son extrémité inférieure est seulement un peu plus large.

Le cotylédon, plus vert, un peu courbé de côté, présente à sa base une gaine fendue, d'à peu près 1 millimètre alors que la portion allongée qui la prolonge acquiert environ 7 millimètres. La gaine protège la gemmule, dont la première feuille, très étroite, s'allonge suivant une direction qui prolonge celle de l'axe hypocotylé.

Enfin la radicule, devenue racine principale, atteint ici 6 millimètres et possède des poils absorbants sur toute son étendue, mais serrés surtout au voisinage de son sommet.

Le développement n'a pas été poussé plus loin. Ajoutons pour terminer l'étude de la morphologie externe de ces premières phases de la végétation du *Butomus umbellatus*, qu'il peut se produire quelques variations dans le développement de la jeune plante. C'est ainsi qu'assez souvent, le cotylédon et l'axe hypocotylé peuvent être déjà relativement très grands, alors que la radicule n'a encore qu'une longueur insignifiante.

3. — MORPHOLOGIE INTERNE.

Pour étudier l'anatomie des germinations du *Butomus umbellatus*, je me suis adressé à de très jeunes plants d'environ 1 centimètre de long, analogues à celui décrit en premier lieu et représenté par la figure 26. Les coupes en série ont été effectuées en partant du sommet de la racine.

Racine. — La racine (fig. 28), très courte, présente en coupe transversale une assise pilifère, dont les cellules légèrement épaissies sur leur face extérieure, ne sont pas encore différenciées en poils absorbants.

L'écorce est nettement divisée en deux zones : la première, ou zone corticale externe, est formée de deux à trois assises de cellules, laissant généralement entre elles de petits méats triangulaires. La première couche de ces cellules, qui par sa position correspond à l'assise subéreuse, n'en montre pas encore les caractères habituels; ce n'est que plus haut, dans la région du collet,

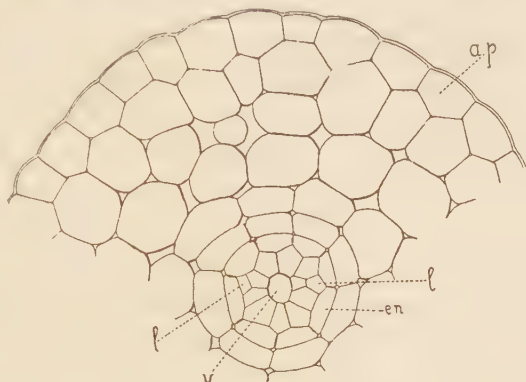


Fig. 28. — *Butomus umbellatus*. — Coupe près du sommet de la racine : *ap*, assise pilifère ; *en*, endoderme ; *l*, liber ; *v*, vaisseau central.

que ses cellules s'allongent en partie dans le sens radial.

La zone corticale interne se compose en moyenne de trois assises de cellules très régulièrement disposées en séries radiales ; l'endoderme qui forme la troisième assise a ses cellules cutinisées sur toutes leurs faces, cependant les plissements sont localisés, comme c'est le cas général, sur les faces latérales.

Le cylindre central se compose d'un vaisseau axial dont les parois ne sont pas encore lignifiées. De part et d'autre de ce vaisseau et à peu près aux extrémités d'un même diamètre, se trouve un faisceau libérien très simple. Le reste du cylindre central est occupé par six ou sept grandes cellules, s'étendant chacune sur toute la largeur comprise entre le vaisseau et l'endoderme.

Au-dessus de la radicule s'étend une région qui correspond à toute la partie inférieure du talon situé à la base de l'axe hypocotylé.

Si l'on pratique, à intervalles réguliers, quelques sections transversales de plus en plus élevées, elles ne présentent plus, tout au moins les premières, un contour aussi régulièrement arrondi que les coupes précédentes ; mais, elles se composent d'une portion de cercle, portant sur le côté un prolongement

grossièrement en forme d'éventail. Le contour du cylindre central est d'ailleurs nettement circulaire. Cet aspect s'explique, si l'on admet que le talon terminant l'axe hypocotylé n'est pas formé d'un plan perpendiculaire à l'axe, mais d'une surface conique, un peu irrégulière et très surbaissée ; l'ensemble formant un tronc de cône

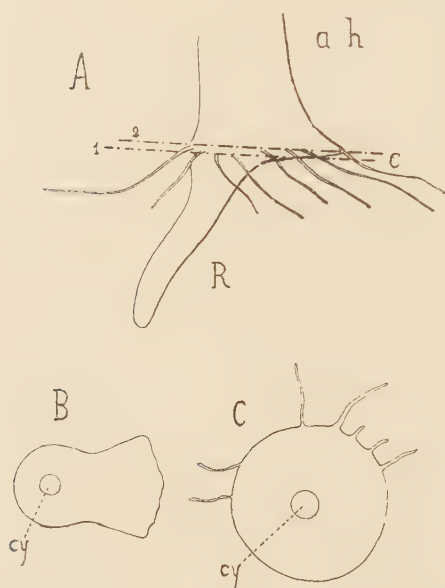


Fig. 29. — *Butomus umbellatus*. — A. R, racine principale; c, collet; ah, axe hypocotylé. — B. Aspect d'une coupe faite en 1-A. — C. Aspect d'une coupe faite en 2-A; cy, cylindre central.

oblique dont la petite base serait la base même de la racine (fig. 29, A).

De plus, dans cette phase du développement de la plante, les poils absorbants ne sont fixés que tout près de la grande base du tronc de cône, ou même sur cette base.

Dans ces conditions, on s'explique très bien les deux aspects présentés, l'un par une coupe faite dans la partie moyenne du talon (fig. 29, B); l'autre tout à fait à la base, dans la région la plus large et dont le con-

tour correspondant à la grande base du talon est complètement circulaire (fig. 29, C).

Cette hypothèse est vraisemblable, car j'ai retrouvé ces particularités dans la plupart des autres plantes dont j'ai suivi le développement. De plus, chez certaines d'entre elles, les *Potamogeton* par exemple, la plantule, lorsqu'elle s'est à peu près dégagée des débris du péricarpe, est assez volumineuse, pour qu'on puisse distinguer directement, avec un faible grossissement l'existence d'un talon disposé par rapport à l'axe hypocotylé et à la radicule, comme je viens de l'indiquer.

Au point de vue anatomique, lorsqu'on examine le cylindre central de cette région, on retrouve le vaisseau axial, de part

et d'autre duquel se disposent les deux faisceaux libériens un peu plus différenciés que précédemment. De plus, il apparaît, d'un seul côté du vaisseau central, une petite cellule, début possible d'une nouvelle formation libérienne qui peut s'ajouter aux précédentes, ce que je n'ai pas constaté. En tout cas, tout semble se passer comme si les deux faisceaux libériens ten-

daient à se concentrer d'un seul côté du vaisseau central (fig. 30 et 31).

Une coupe pratiquée au voisinage de la grande base du talon, présente dans l'écorce, com-

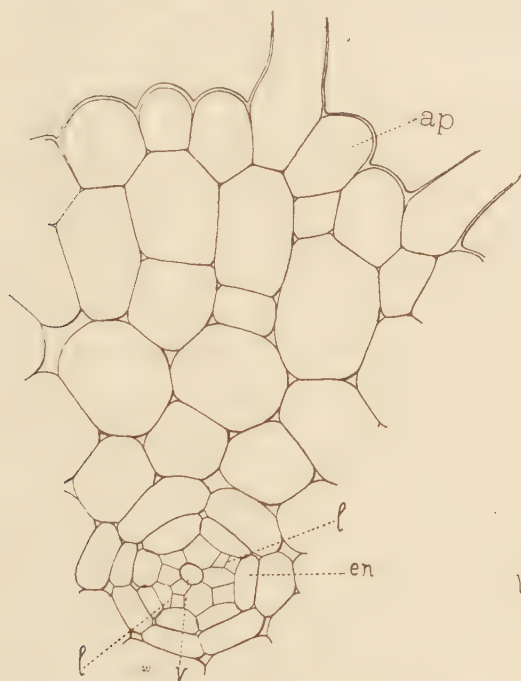


Fig. 30. — *Butomus umbellatus*. — Coupe dans la région du collet; *ap*, assise pilifère; *en*, endoderme; *l*, liber; *v*, vaisseau central.

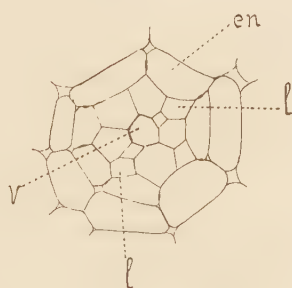


Fig. 31. — *Butomus umbellatus*. — Aspect du cylindre central et de l'endoderme un peu avant la coupe précédente; mêmes lettres.

parativement à la racicule, les différences suivantes :

L'assise pilifère, dont les parois externes des cellules sont assez fortement épaissies, se prolonge çà et là en poils absorbants. D'autre part, l'assise subéreuse commence à s'indiquer, tout au moins sur une grande partie de la surface de la coupe, par l'apparition de grandes cellules, allongées dans le sens radial, mais cependant à parois encore minces. Enfin, la zone corticale interne qui ne comprend guère que deux assises de cellules, possède un endoderme constitué comme celui de la racine, mais parfois un peu

irrégulier, par suite des dimensions inégales de ses cellules.

Axe hypocotylé. — L'épiderme et l'écorce étant à peu

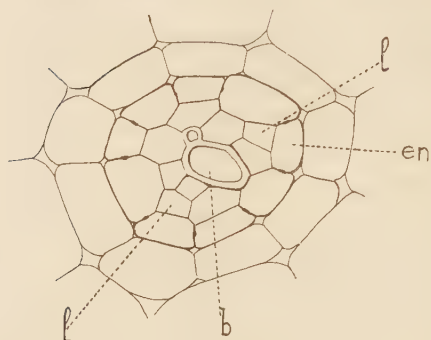


Fig. 32. — *Butomus umbellatus*. — Axe hypocotylé; coupe immédiatement au-dessus du collet; en, endoderme; l, liber; b, bois.

de chose près semblables sur toute la longueur de cette région, je m'occuperai d'abord de la structure du cylindre central en examinant une suite de coupes faites à distances égales.

Ce qui frappe au premier coup d'œil, quel que soit le niveau où la section a été effectuée, c'est la lignification très nette du ou des vaisseaux centraux; puis la

localisation constante du liber, d'un seul côté du bois, le tout

constituant un faisceau libéro-ligneux analogue à celui d'une nervure foliaire.

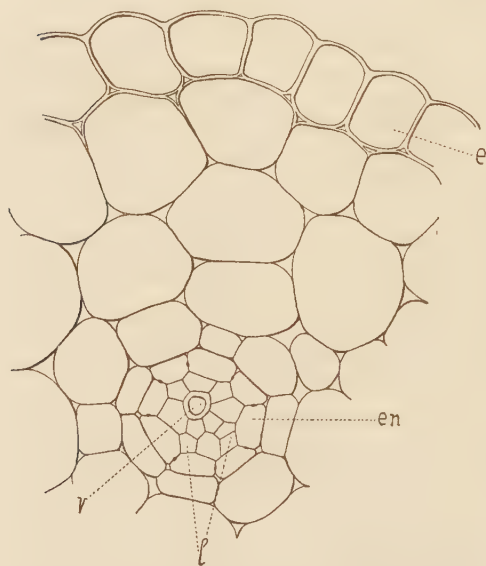


Fig. 33. — *Butomus umbellatus*. — Axe hypocotylé. Coupe dans la moitié inférieure; e, épiderme; en, endoderme; l, liber; v, vaisseau central.

Quand on examine une coupe faite tout à fait à la base de l'axe hypocotylé, immédiatement au-dessus du collet, cette structure de feuille n'est pas encore très nette; on distingue un, ou bien deux vaisseaux inégaux dont le plus grand touche l'endoderme; le liber est encore constitué par deux faisceaux situés de chaque

côté du bois, mais rapprochés l'un de l'autre et non placés aux extrémités d'un même diamètre (fig. 32). Mais un peu plus haut, cette disposition est extrêmement nette et on voit claire-

ment le liber formé de deux faisceaux très voisins ou même contigus (touchant d'ailleurs l'endoderme) placés d'un seul côté du bois, représenté le plus souvent par un vaisseau axial (1) (fig. 33). Enfin dans la partie tout à fait supérieure de l'axe hypocotylé, il ne reste plus qu'un seul faisceau libérien et un seul vaisseau central fig. 34. Le faisceau libérien pouvant se réduire à un seul tube criblé placé contre l'endoderme.

En ce qui concerne l'épiderme et l'écorce de l'axe hypocotylé, je signalerai les particularités suivantes (fig. 33).

L'épiderme est généralement formé de cellules à contour assez épaissi, les parois externes étant cutinisées. Cet épiderme est dépourvu de stomates, tout au moins je n'en ai pas remarqué sur les nombreuses coupes que j'ai examinées.

L'écorce est formée en moyenne de cinq assises de cellules, qui dans les trois externes sont grandes, arrondies, et laissent entre elles d'assez larges méats triangulaires. Dans les deux assises internes elles se disposent plus ou moins en séries radiales, et, la dernière qui constitue l'endoderme, a ses cellules généralement cutinisées sur tout leur pourtour, mais avec plissements localisés sur les parois latérales. Cet endoderme, comme celui de la région du collet et pour les mêmes raisons, est généralement un peu irrégulier.

Cotylédon. — Si on fait une coupe transversale dans la gaine, on voit que l'un des bords de celle-ci est en partie recouvert par l'autre. Le cotylédon, dans cette région, se compose d'un parenchyme homogène, formé de cellules un peu arrondies

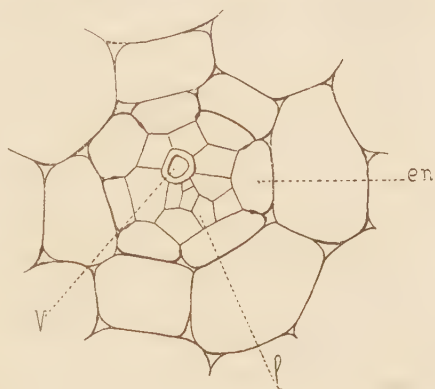


Fig. 34. — *Butomus umbellatus*. — Axe hypocotylé ; coupe dans la moitié supérieure ; en, endoderme ; l, liber ; v, vaisseau central.

(1) On peut trouver jusqu'à trois vaisseaux dans le premier tiers de l'axe hypocotylé. Dans ce cas ces vaisseaux sont toujours contigus et d'ailleurs toujours placés dans l'axe du cylindre central.

qui se serrent et diminuent de volume au voisinage de la nervure. Du côté externe ce parenchyme est limité par un épiderme bien cutinisé à cellules assez grandes, tandis que du côté interne, les cellules épidermiques, cutinisées également, sont beaucoup plus petites.

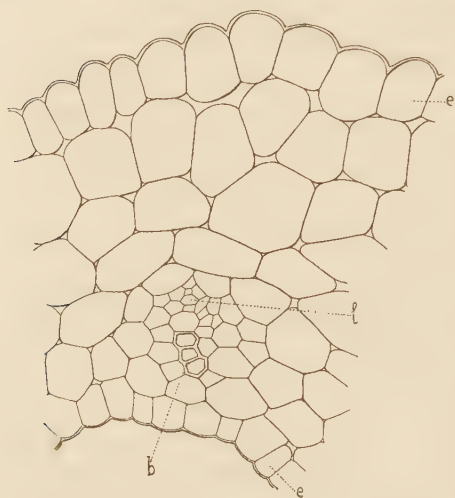


Fig. 35. — *Butomus umbellatus*. — Cotylédon; coupe dans la région de la gaine; *e*, épiderme extérieur; *e'*, épiderme intérieur; *l*, liber; *b*, bois.

Il n'existe qu'une seule nervure : la nervure médiane, laquelle est beaucoup plus rapprochée de l'épiderme interne que de l'autre. Elle est entourée d'une zone de cellules assez serrées, laissant entre elles de très fins méats. Le bois comprend trois vaisseaux bien lignifiés, à l'extérieur desquels se trouve le liber (fig. 35).

Une coupe faite plus haut, là où la gaine est à peine marquée ou n'existe plus, montre que le cotylé-

dédon a une section grossièrement elliptique et que sa nervure n'est plus formée que d'un seul vaisseau de bois accompagné d'un liber très réduit.

En résumé, si l'on suit la structure d'un jeune plant de *Butomus umbellatus* de la racine au sommet de l'axe hypocotylé, on remarque que l'on passe peu à peu d'une structure très nette de racine, à une structure de feuille non moins nette; et tout paraît se passer, semble-t-il, d'après les coupes représentées par les figures 32 à 34, comme s'il y avait déplacement des deux faisceaux libériens opposés, de la racine; déplacement qui les amènerait peu à peu du même côté du vaisseau ligneux central.

CHAPITRE II. — ALISMACEES.

Les recherches ayant trait à la germination des Alismacées sont plus nombreuses que dans le cas des Butomées. En ce qui con-

cerne la morphologie externe, je citerai tout d'abord le travail de Tittmann (1). Cet auteur a, dès 1821, décrit la germination et les premiers stades du développement de l'*Alisma Plantago*; il indique, à la base de la plante, la présence d'un épaississement sur lequel, d'après lui, de petites racines adventives sont en train d'apparaître; alors qu'en réalité ce ne sont que de longs poils absorbants du collet. Puis il suit le développement des feuilles et dit qu'à chacune d'elles correspond une racine latérale. Grâce à elles, la racine principale n'a que très peu d'importance au point de vue de la végétation de la plante.

Plus tard Buchenau (2), au cours de recherches entreprises sur les Butomées, Alismacées et Juncaginées, établit un parallèle entre la façon de végéter et la germination des Alismacées. Il remarque l'apparition des poils absorbants au collet, ainsi que celle des premières racines latérales à la partie supérieure de l'axe hypocotylé: la première se plaçant sous le milieu du cotylédon; la seconde en face, sous le milieu de la première feuille. De plus, il remarque que l'axe hypocotylé et la racine principale ont un rôle presque insignifiant dans le développement ultérieur de la plante, chose déjà signalée par Tittmann. Le même auteur (3), dans une étude générale des Alismacées, décrit l'ovule, la graine et le fruit des plantes de cette famille et donne trois figures, d'ailleurs peu détaillées, se rapportant à la germination de l'*Alisma natans* (*Elisma natans* Buch.).

M. Schenk (4), dans un ouvrage d'ensemble sur les plantes aquatiques, résume à propos de la germination, les travaux faits jusqu'à cette époque.

Enfin M. J. Lubbock (5) signale le rôle fixateur des grands poils absorbants développés au collet.

En ce qui concerne l'anatomie, je citerai d'abord les travaux

(1) Tittmann, *Die Keimung der Pflanzen durch Beschreibung und Abbildung einzelner Samen und Keimpflanzen erläutert* (Dresde, 1821).

(2) Buchenau, *Beiträge zur Kenntnis der Butomaceen, Alismaceen und Juncagineen* (Engler's Jahrbücher, II, 1882).

(3) Buchenau, dans *Die natürlichen Pflanzenfamilien* (A. Engler und K. Prantl. II, 1^{re} Abteilung).

(4) H. Schenk, *Die Biologie der Wassergewächse* (Bonn, 1886).

(5) Lubbock, *A Contribution to our knowledge of seedlings*, 1892.

de M. Treub (1), puis ceux de M. Flahault (2), qui effectuent chez les Alismacées, le même genre de recherches que chez les Butomées.

M. R. Gérard (3) a étudié la structure anatomique d'un jeune plant de *Danaisophora stellatum*; ses observations ont porté sur un individu déjà assez développé, les trois premières feuilles étant déjà apparues. Je résume ici son travail, en ne m'occupant que du cylindre central. Dans la racine principale, l'auteur distingue un vaisseau axial, de part et d'autre duquel se trouve une cellule représentant le liber. Ces cellules ont une section carrée et touchent le vaisseau central; de sorte que le péri-cycle n'est pas interrompu. Le passage de la racine à l'axe hypocotylé a lieu par déplacement d'un des éléments libériens, qui vient se confondre avec l'autre, formant ainsi un faisceau libéro-ligneux. Puis le nombre des vaisseaux et des éléments libériens s'accroît peu à peu jusqu'au sommet de l'axe hypocotylé; ici, comme dans la racine, le liber touche le bois et le tout est entouré d'un péri-cycle continu.

Plus tard M. A. Schlickum (4) compare dans l'A. *Plantago* le cotyledon aux premières feuilles et indique que les différences anatomiques résident surtout dans l'épiderme, la répartition du parenchyme et le nombre des faisceaux conducteurs.

D'autres auteurs, en particulier : Le Maout et Decaisne (5), Hanstein (6), M. A. Engler (7) s'occupent de la description du fruit ou du développement de l'embryon. Plus récemment M. Kölpin Ravn. F. (8) indique que la propriété de flotter qu'ont les fruits de l'A. *Isma Plantago* et du *Sagittaria sagittifolia*, tient à la présence d'un tissu aérifère superficiel.

(1) Treub, *Le développement primitif de la racine dans les Monocotylédones* (Leyde, 1876).

(2) Flahault, *Recherches sur l'accroissement terminal de la racine chez les Phanérogames* 1878.

(3) Gérard, *Passage de la racine à la tige* (Ann. Sc. nat., 6^e série, XI, 1881).

(4) Schlickum, *Morphologischer und anatomischer Vergleich der Kotyledonen und ersten Laubblätter der Keimpflanzen der Monokotylen* (Marburg, 1895).

(5) Le Maout et Decaisne, *Traité général de Botanique* (Édition 1876).

(6) Hanstein, *Botanische Abhandlung aus Gebiet der Morphologie und Physiologie* (Jena, 1870-1874).

(7) A. Engler, *Die natürlichen Pflanzenfamilien* (A. Engler und K. Prantl II, I Abteilung).

(8) Kölpin Ravn. F., *Om Flydeevnen hos Frøene af vore Vand og Sumpplanter* (Botanisk Tidsskrift, Kjøbenhavn, 1895).

Dans ce chapitre je me propose d'étudier la germination des trois espèces : *Alisma Plantago*, *A. ranunculoides* et *Sagittaria sagittifolia*, en insistant plus particulièrement sur la structure anatomique. Je diviserai ce chapitre en deux paragraphes, le premier se rapportant aux deux premières espèces, le second à la troisième.

ALISMA PLANTAGO ET ALISMA RANUNCULOIDES.

1. — RÉCOLTE DES FRUITS ET ÉPOQUES DE LA GERMINATION DES GRAINES.

La récolte des fruits de ces deux espèces, ainsi que leur mise en expérience ont eu lieu environ aux mêmes époques que celles des graines du Butome. Une partie de ces fruits fut placée dans l'eau, une autre sur terre humide. Dans l'eau, les fruits sont d'abord flottants, puis au bout de quelques jours un grand nombre d'entre eux tombent au fond, soit d'eux-mêmes, soit à la suite d'un léger choc. Chez l'*Alisma Plantago* un certain nombre cependant persistent très longtemps à la surface, tandis que chez l'*Alisma ranunculoides*, l'immersion des fruits est relativement beaucoup plus rapide. A partir du moment où la plus grande partie des fruits est submergée, l'eau renouvelée d'abord assez irrégulièrement, est changée environ chaque deux jours.

D'une façon générale, et contrairement à ce qui se passe chez le Butome, la germination dans l'eau de ces deux espèces d'*Alisma*, s'effectue très bien, et, dans certains cas, elle peut avoir lieu quelques jours seulement après la récolte.

Les deux petits tableaux suivants donnent une idée des époques auxquelles elle peut s'effectuer, ainsi que de sa fréquence dans les mêmes conditions.

<i>Alisma Plantago.</i>				<i>Alisma ranunculoides.</i>	
A. Fruits récoltés fin septembre 1905 et mis en expérience au début d'octobre.				Fruits récoltés les 10, 13, 25 septembre 1906. Mis en germination le 27.	
9 mars 1906...	5	germin. très avancées.			
15 — ...	4	germination.			
16 — ...	4	—			
28 — ...	1	—			

<i>Alisma Plantago.</i>	<i>Alisma ranunculoides.</i>
Avril et mai : Nombreuses germinations.	3 octobre... 16 germinat. dont 4 avancées.
B. Fruits récoltés le 23 septembre 1906, mis en expérience le 27.	4 — ... 22 germinations.
4 octobre 1906 : Environ 40 germinations.	

En 1906, les résultats ayant été dès le début très nombreux, je n'ai pas jugé nécessaire de conserver plus longtemps les fruits encore intacts.

Enfin, sur terre humide, j'ai pu également obtenir un assez grand nombre de germinations et y suivre les premières phases du développement des jeunes plantes.

2. — MORPHOLOGIE EXTERNE.

Germination dans l'eau. — Prenons d'abord comme exemple l'*Alisma Plantago*. Rappelons que chaque petit fruit élémentaire est un akène où la graine dépourvue d'albumen renferme un embryon courbé en fer à cheval dans son plan de symétrie.

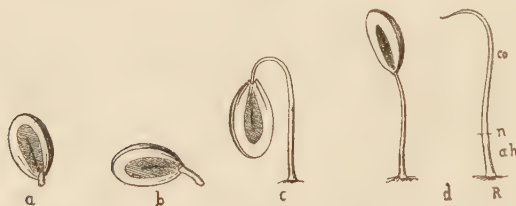


Fig. 36. — *Alisma Plantago*. — Différentes phases de la germination ; R, radicule ; ah, axe hypocotylé ; n, nœud cotylédonaire ; co, cotylédon.

Tout à fait au début, on voit apparaître, du côté du point d'attache du fruit, un petit axe blanc, très légèrement élargi à la base (fig. 36 *a* et *b*) et paraissant, à l'œil nu, coupé presque carrément. Cet axe s'allonge peu à peu en soulevant le fruit, qui, d'abord couché, se redresse de plus en plus (fig. 36 *c* et *d*).

A ce moment on peut, à l'aide d'un faible grossissement, distinguer les trois parties de la jeune plante. L'axe hypocotylé est prolongé en apparence par le cotylédon, dont la pointe, courbée, est encore enveloppée par le péricarpe. Sur la base un

Tittmann puis Schenk disent que l'extrémité inférieure de l'embryon peut rester dans le tégument de la graine, ce qui contribue à le fixer au sol.

peu élargie de l'axe hypocotylé naissent des poils absorbants, indiquant la place du collet, et, la racicule extrêmement petite semble, comme dans le Butome, sortir du milieu de cette couronne de poils. Avec beaucoup d'attention, on peut distinguer, à un renflement, la place du nœud cotylédonaire et voir ainsi que l'axe hypocotylé atteint une longueur d'environ $2^{\text{mm}},5$ sur une épaisseur inférieure à $0^{\text{mm}},5$.

Le cotylédon d'abord recourbé en crochet, se redresse peu à peu et se débarrasse du péricarpe. Cette enveloppe tombe, soit d'elle-même, soit sous l'action d'un très léger mouvement de l'eau. Cependant, dans quelques cas, elle peut persister à la pointe du cotylédon jusqu'au moment où celui-ci se flétrit. Au bout de quelques jours, on distingue nettement le point d'attache du cotylédon sur l'axe hypocotylé, par suite du développement de la gaine, fendue sur le côté et abritant la gemmule. De cette gaine, on voit bientôt s'échapper une petite protubérance, début de la première feuille; en même temps la racicule se développe en racine principale. Enfin, dès que la pointe de la première feuille s'est dégagée de la gaine cotylédonaire, tout l'ensemble se teinte de vert, sauf naturellement la racine (fig. 37, *a*, *b*, *c*).

Si l'on suit plus loin le développement de la jeune plante, on voit

les feuilles apparaître et grandir successivement, mais l'axe épicotylé reste extrêmement court et ne paraît pas dépasser la gaine du cotylédon. Ces feuilles qui peuvent devenir assez longues, sont à bords parallèles, aplaties et parcourues par trois nervures, une médiane et deux marginales. En somme, ce sont des feuilles à peu près linéaires. Leur largeur est d'en-

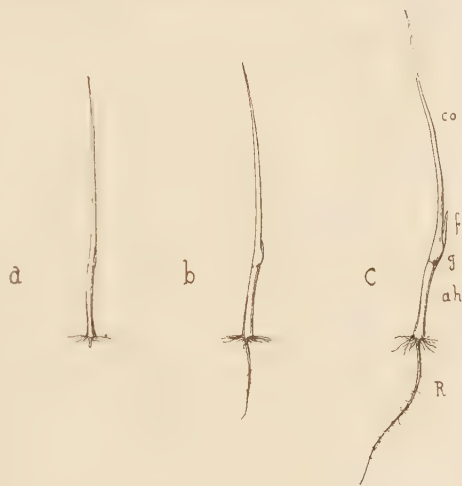


Fig. 37. — *Alisma Plantago*. — Jeunes plants; R, racine principale; ah, axe hypocotylé; g, gaine; co, cotylédon; f, première feuille.

viron 2 millimètres pour une longueur moyenne de 5 centimètres. On n'est guère qu'à partir de la sixième feuille qu'on commence à distinguer un limbe et un pétiole. Cette différenciation s'accroît petit à petit et la neuvième ou dixième feuille a pris à peu près la forme caractéristique des feuilles dressées de l'*A. Plantago*. Il est vrai que la sixième feuille du plant en question n'est plus submergée, mais flottante et que les feuilles 9 et 10 tendent à s'élever dans l'air. Il est bien évident que la profondeur de l'eau influe beaucoup sur le passage plus ou moins rapide des feuilles linéaires aux feuilles pétiolées.

Pendant ce temps, le système racinaire s'est développé. Tout d'abord la racine principale s'est beaucoup allongée, et peut, parfois, lorsque le plant est muni de ses deux premières feuilles, dépasser 6 centimètres de long. Cette racine qui n'est pas ramifiée, même quand elle est très longue, porte surtout sur sa seconde moitié de nombreux poils absorbants, alors que ceux du collet disparaissent peu à peu.



Fig. 38. — *Alisma Plantago*. — A et B, disposition du système racinaire: R, racine principale; r_1 , première racine adventive; r_2 , deuxième; r_3 , troisième; co, cotylédon; f_1 , f_2 , f_3 , feuilles successives.

Enfin, au sommet de l'axe hypocotylé, apparaissent des racines latérales, dont les deux premières se disposent, ainsi que l'a indiqué Buchenau, l'une en face de la région dorsale de la gaine du cotylédon et dans son plan de symétrie, la seconde en face de la première feuille, donc par conséquent en regard de la fente de la gaine cotylédonaire. Généralement, lorsqu'on examine un plant pourvu de

trois feuilles, on trouve toujours trois racines latérales (fig. 38). Il parait, par suite, y avoir, au moins au début de la végétation, une relation entre le nombre de ces racines latérales et celui des feuilles.

Germination sur terre humide. — Les phases de la germination sur terre humide, sont les mêmes que dans l'eau. Au point de vue de la morphologie externe, les différences consistent principalement dans le développement plus rapide de la racicule, qui, alors même que le cotylédon est encore très courbé, ou complètement engagé dans l'enveloppe formée par le péricarpe, a déjà pris une longueur, très grande par rapport au reste du plant (fig. 39 *a* et *b*). En revanche généralement, le cotylédon, les feuilles, et souvent l'axe hypocotylé n'acquièrent qu'une longueur beaucoup moindre que dans l'eau, mais le

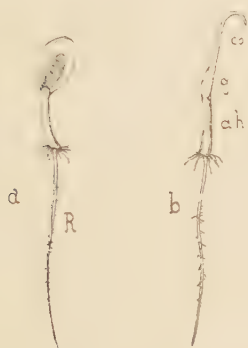


Fig. 39. — *Alisma Plantago*. — Germination sur terre humide; R, racine principale; ah, axe hypocotylé; g, gaine; co, cotylédon.

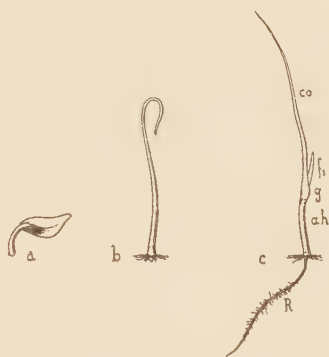


Fig. 40. — *Alisma ranunculoides*. — Différentes phases de la germination. Mêmes lettres que dans les figures précédentes.

verdissement de ces différentes parties est plus accentué et plus rapide.

D'ailleurs, je n'ai pas suivi le développement très loin, la plupart des plants ne sont pas arrivés à dépasser la taille à laquelle ils possèdent leurs deux premières feuilles. En tous cas, la disposition des racines latérales donne lieu aux mêmes remarques que pour les plants développés dans l'eau.

Si maintenant nous comparons la germination et les premières phases du développement de l'*Alisma ranunculoides* avec celles de l'*A. Plantago*, nous voyons que, le fruit de forme différente mis à part, les aspects successifs des premiers stades de la végétation sont les mêmes que dans la plante précédente (fig. 40). Là encore le système racinaire présente au début, au moins

pour les jeunes plants dont la germination s'est effectuée dans l'eau, les mêmes particularités que chez l'A. *Plantago*.

De même pour les plants développés sur terre humide, on trouve que la radicule s'accroît plus rapidement que les autres parties, de sorte que de bonne heure, la racine principale a acquis une longueur assez grande, alors que l'axe hypocotylé, le cotylédon et les premières feuilles sont beaucoup moins développés que chez les plants correspondants ayant vécu dans l'eau.

3. — MORPHOLOGIE INTERNE.

De même que pour la morphologie externe, il existe au point de vue anatomique de très grandes ressemblances entre ces deux plantes. D'autre part, les particularités de structure, que présentent les germinations du Butome, se retrouvent généralement ici et souvent même y sont plus nettement accusées. Je pourrai donc aller un peu plus rapidement dans la description anatomique des différentes régions des jeunes plants de ces deux espèces.

Occupons-nous d'abord des germinations de l'*Alisma Plantago* ayant eu lieu dans l'eau. Les coupes successives sont effectuées à partir de la racine, dans un plant assez jeune, analogue à celui représenté en *b* (fig. 37).

Racine (région terminale). — L'assise pilifère est constituée par une couche de cellules assez petites, fortement unies les unes aux autres, et ayant leurs faces antérieures et postérieures assez épaisses, brunâtres.

Dans cette région il n'y a pas encore de poils absorbants.

La zone corticale externe ne comprend à ce niveau que deux assises, formées de cellules assez grandes, surtout dans la première, qui, par sa position, représente l'assise subéreuse et est épaissie seulement du côté extérieur. Ces deux assises laissent entre elles de très petits méats triangulaires. Un peu plus haut, des cloisons tangentiellles apparaissent dans les cellules de la seconde assise.

La zone corticale interne se compose de 3 à 4 assises de cellules, assez régulièrement disposées en séries radiales. L'en-

doderme n'est pas très régulier; de plus, il ne présente pas d'épaississements latéraux.

Le cylindre central, très simple, comprend au centre un vaisseau non encore lignifié, de part et d'autre duquel se trouvent deux tubes criblés reconnaissables à leur paroi un peu épaisse et brillante. Chacun d'eux est séparé du vaisseau central par une cellule plus petite. Le reste du cylindre central est occupé par 4 ou 5 grandes cellules assez régulières allant du vaisseau à l'endoderme (fig. 41).

La région du collet donne lieu aux mêmes remarques que chez le Butome. Il existe encore ici un talon, disposé de la même façon et dont la partie su-

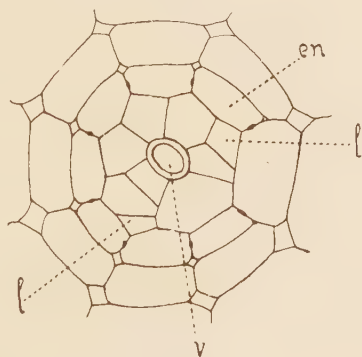
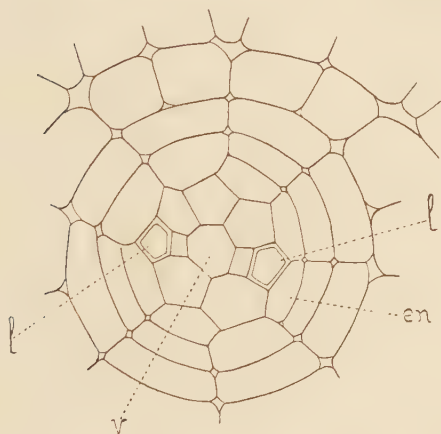


Fig. 41. — *Alisma Plantago*. — Coupe près du sommet de la racine principale; *en*, endoderme; *l*, liber; *v*, vaisseau central.

Fig. 42. — *Alisma Plantago*. — Coupe dans la région du collet; *en*, endoderme; *l*, liber; *v*, vaisseau central.

périeure et plus tard toute la surface, porte de longs poils absorbants.

Si on examine le cylindre central dans cette région, on voit que là encore tout se passe comme si les deux faisceaux libériens tendaient à se rapprocher pour se placer d'un seul côté par rapport au vaisseau central. Ce dernier est ici très nettement lignifié.

L'endoderme, dans cette région, possède des épaississements sur les faces latérales de ses cellules (fig. 42).

Axe hypocotylé. — Ici, le cylindre central est extrêmement simple, et se compose de 5 ou 6 cellules entourant le

vaisseau spiralé central, sur le côté duquel se trouve le liber réduit généralement à un seul tube criblé. Nous retrouvons donc ici, comme dans le *Butome*, un aspect de nervure foliaire (fig. 43).

Le reste de la section se compose : d'un épiderme, sans stomates et formé de grandes cellules cutinisées extérieurement ; puis d'une écorce comprenant environ 4 couches de cellules : très grandes dans les deux premières ; dans les autres, plus petites et disposées en séries radiales. L'endoderme qui constitue la plus interne de ces deux couches ne présente pas de plissements.

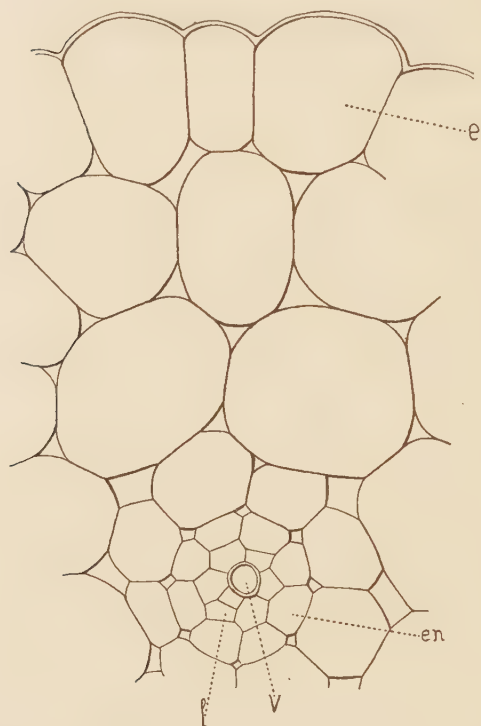


Fig. 43. — *Alisma Plantago*. — Coupe dans l'axe hypocotylé; e, épiderme; en, endoderme; l, liber; v, vaisseau central.

Quant au cotylédon, il rappelle de très près ce que nous avons vu chez le *Butome*, aussi je ne m'y arrêterai pas.

On remarque, d'après ce qui précède, que la structure du cylindre central de la racine et de l'axe hypocotylé diffère assez sensiblement de celle que décrit M. Gérard chez le *Danasonium stellatum*. Dans la racine de l'*Alisma Plantago*, les deux faisceaux libériens ont une section pentagonale et viennent toucher l'endoderme, de sorte que le péricycle fait défaut, au moins en face du liber; il en est d'ailleurs de même sur toute l'étendue de l'axe hypocotylé en passant par le collet. D'autre part, le cylindre central de l'axe hypocotylé est toujours très simple; le vaisseau axial est unique jusque vers le cotylédon et il en est

de même du liber qui, généralement, reste réduit à un seul tube criblé appuyé extérieurement contre l'endoderme.

La structure anatomique des germinations de l'*Alisma ranunculoides*, est presque de tout point semblable à celle des germinations de l'*Alisma Plantago*. Je me bornerai, en conséquence, à signaler quelques particularités, qui peuvent tenir à l'espèce, mais plutôt à ce fait que les coupes ont été effectuées dans un plant un peu plus jeune que pour l'*A. Plantago*. Ici en effet, la racine était à peine développée et le cotylédon encore enfermé en grande partie à l'intérieur du fruit.

Dans la racine, l'assise pilifère, non encore pourvue de poils absorbants, a seulement les faces externes de ses cellules épaissies légèrement; le bois et le liber ne sont d'ailleurs pas encore différenciés dans le cylindre central. Dans l'axe hypocotylé le vaisseau axial n'est pas encore lignifié, en revanche on distingue déjà sur le côté l'ébauche d'un tube criblé.

Si on examine la gaine du cotylédon, dans un plant aussi jeune que celui dont je me suis servi, on est frappé de la grande ressemblance de sa nervure avec le cylindre central de l'axe hypocotylé des plants un peu plus développés. En effet, au centre d'une couronne un peu irrégulière de cellules rayonnantes on distingue un vaisseau central non encore lignifié, puis du côté extérieur et séparé de lui par une petite cellule, un tube criblé, à paroi très mince il est vrai, mais ayant exactement le même aspect que celui de l'axe hypocotylé de l'*A. Plantago* (fig. 44). Ce qui tend à confirmer la façon de voir dans le cylindre central de l'axe hypocotylé une structure de nervure foliaire.

Occupons-nous maintenant des germinations ayant eu lieu sur terre humide et voyons d'abord ce qui se passe chez l'*A. ranunculoides*. Le premier fait qui attire l'attention, est, comme on pouvait s'y attendre, la plus grande différenciation de l'appareil de soutien et du système conducteur.

Dans la racine, les cellules endodermiques ont toutes leurs faces cutinisées, mais principalement les faces latérales. Le cylindre central possède un vaisseau axial fortement lignifié, accompagné comme d'habitude de deux faisceaux libériens diamétralement opposés et touchant l'endoderme.

L'assise pilifère, au niveau de la coupe, ne possède pas de poils absorbants (ils n'existent encore qu'au collet) et est constituée par des cellules à membrane assez mince mais

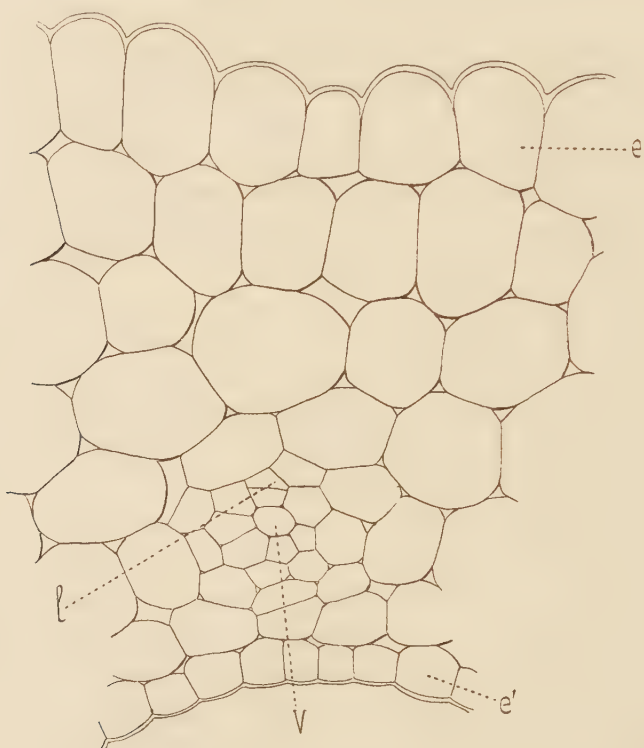


Fig. 44. — *Alisma ranunculoides*. — Coupe dans le cotylédon, région de la gaine; e, épiderme externe; e', épiderme interne; l, liber; v, bois.

colorée en brun. La zone corticale externe se compose d'abord de deux couches de cellules à membrane également brunâtre, puis d'une assise de très grandes cellules à paroi mince, touchant par leur partie profonde la première couche des cellules de la zone corticale interne. Celle-ci comprend trois rangées de cellules assez petites dont la dernière est l'endoderme.

Ces différences mises à part, des coupes pratiquées successivement dans le collet et l'axe hypocotylé ont un aspect semblable à celui des coupes correspondantes de plants ayant vécu dans l'eau, et examinées chez l'*A. Plantago*. Dans l'axe hypocotylé le vaisseau central est seulement un peu plus lignifié, et les faces latérales des cellules endodermiques sont pourvues de

plissements bien visibles. Tout à fait vers le haut de l'axe hypocotylé, on peut trouver deux vaisseaux de bois, accompagnés d'un seul côté d'un faisceau libérien un peu plus compliqué.

En ce qui concerne l'*A. Plantago*, les particularités anatomiques des jeunes plants développés sur terre humide, sont exactement les mêmes.

SAGITTARIA SAGITTIFOLIA.

1. — RÉCOLTE DES FRUITS ET ÉPOQUES DE LA GERMINATION DES GRAINES.

La récolte des fruits du *Sagittaria sagittifolia* a lieu au même moment que celle des fruits des deux plantes précédentes et leur mise en expérience est pratiquée de la même manière. D'une façon générale, les fruits récoltés sont tels, qu'à la moindre pression, tous les akènes qui les forment se détachent du receptacle sans aucune difficulté.

Dans l'eau, ici encore, les fruits sont d'abord flottants et au bout d'un temps parfois assez long, un grand nombre d'entre eux tombent au fond; d'autres, au contraire, flottent pendant plusieurs mois, et même peuvent germer parfois dans cette position.

Le tableau suivant indique les dates ainsi que la fréquence des germinations dans les expériences que j'ai poursuivies pendant deux ans.

Dans l'eau :	Sur terre humide :
A. Fruits récoltés et mis en expérience au début d'octobre 1905.	A. Fruits récoltés et mis en expérience au début d'octobre 1905.
7 mars 1906... 1 germination.	2 juillet 1906... 1 germination.
8 mai 1906... 1 —	
20 — 3 —	
4 juin 1906... 1 —	
20 — Nombreuses.	
B. Fruits récoltés fin septembre 1906, mis en expérience le 20 septembre.	B. Fruits récoltés fin septembre 1906, mis en expérience le 29 septembre.
21 janv. 1907... 2 germinations.	10 juillet 1907... 3 germinations.
18 mai 1907... Nombreuses.	
Les germinations se poursuivent ainsi assez nombreuses jusqu'en juillet.	

On voit qu'ici, la germination sur terre humide est beaucoup

plus difficile que chez l'*Alisma Plantago* et l'*A. ranunculoides* ; et, d'autre part, les jeunes plants se maintiennent difficilement vivants dans de telles conditions. J'ai pu cependant en conserver deux pendant un temps suffisamment long pour que l'un d'eux puisse acquérir ses deux premières feuilles.

2. — MORPHOLOGIE EXTERNE.

Germination dans l'eau. — La germination de la graine, ainsi que les premières phases de la végétation de la jeune plante, rappellent à peu près exactement ce qui a lieu chez l'*A. Plantago* et l'*A. ranunculoides*. Ici encore, du côté du point d'attache du fruit élémentaire, on voit apparaître l'axe hypocotylé, avec son talon basilaire, portant une couronne de poils absorbants, indiquant le collet, au-dessous duquel s'aperçoit un petit cône : la



Fig. 45. — *Sagittaria sagittifolia*. — Premières phases de la germination : R, radicule ; ah, axe hypocotylé ; n, nœud cotylédonaire ; co, cotylédon.

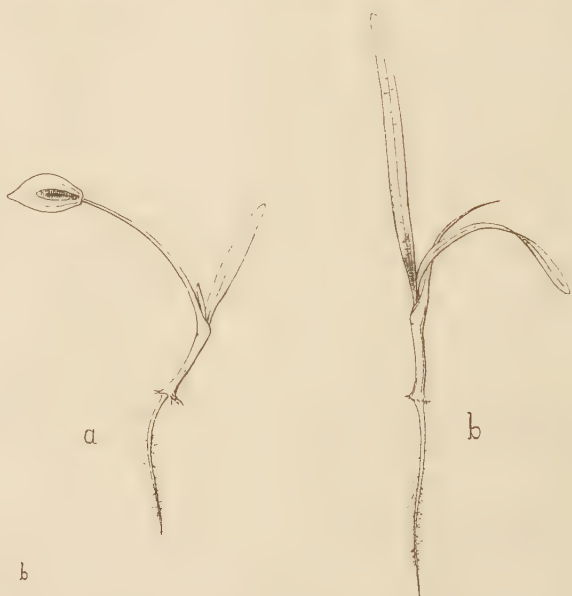


Fig. 46. — *Sagittaria sagittifolia*. — Plants plus âgés.

radicule non encore développée. L'axe hypocotylé qui peut atteindre en moyenne 6 millimètres sur une épaisseur de moins de 1 millimètre, porte au sommet un léger renflement marquant la place du nœud cotylédonaire, au delà duquel s'étend le cotylédon, dont l'extrémité reste pendant longtemps enfermée dans le péricarpe du fruit (fig. 45 a et b). Puis toutes ces ré-

gions se développent et, sauf la racine, verdissent peu à peu. Généralement, la radicule s'allonge en racine principale (fig. 46, *a*, *b*), puis des racines latérales se développent au nœud cotylédonaire et se disposent comme dans le genre *Alisma*; sou-



Fig. 47. — *Sagittaria sagittifolia*. — Plants où les racines adventives remplacent la racine principale non développée.

vent d'ailleurs elles sont plus longues que la racine principale. Il arrive même parfois que celle-ci reste rudimentaire, tandis qu'il existe de grandes racines latérales et plusieurs feuilles assez bien développées (fig. 47, *a* et *b*).

Les feuilles naissent successivement de la gemmule, enveloppée par la gaine fendue du cotylédon, lequel se flétrit peu à peu. Ces premières feuilles, d'ailleurs submergées, ont en moyenne 35 millimètres de long sur une largeur de 3 millimètres; elles sont rubanées et possèdent trois nervures longitudinales, très nettes : une médiane bien visible et deux marginales; de petites nervures transversales relient entre elles les précédentes.

Germination sur terre humide. — D'une façon générale, les différentes phases de la germination sur terre humide sont les mêmes que lorsque celle-ci s'effectue dans

l'eau. Mais le cotylédon ne peut soulever le péricarpe du fruit, de sorte qu'il se courbe fortement : sa gaine étant fixée au sommet de l'axe hypocotylé dressé, son extrémité reposant sur le sol dans le péricarpe (fig. 48). Il peut d'autre part arriver que toute la jeune plante reste couchée sur le sol, au moins au début.

La racine, dans les quelques germinations que j'ai obtenues de cette façon, est toujours courte, même après l'apparition des premières feuilles, alors, la première racine latérale, fixée



Fig. 48. — *Sagittaria sagittifolia*. — Germination sur terre humide ; r_1 , première racine adventive.

comme d'habitude à la base du cotylédon, du côté dorsal de la gaine, se développe beaucoup pour la remplacer (fig. 48 r_1). Quant aux deux premières feuilles, les seules que j'aie vues se produire, elles sont rubanées comme les feuilles submergées.

En somme, dans les germinations sur terre humide, les plants sont plus ramassés que ceux dont le développement s'est effectué dans l'eau ; c'est ce qui a déjà lieu pour l'*A. Plantago* et l'*A. ranunculoides*. Mais, contrairement à ce qui se passe chez ces végétaux, la racine n'acquiert pas un développement relatif plus grand que lorsque l'évolution de la jeune plante s'effectue dans l'eau. Il est cependant nécessaire d'ajouter que le petit nombre de germinations que j'ai obtenues sur terre humide ne permet pas d'affirmer la généralité de ce fait.

3. — MORPHOLOGIE INTERNE.

Examinons d'abord ce qui se passe chez les jeunes plants provenant de germinations effectuées dans l'eau.

Racine. — La structure de la racine, comparée à celle des plantes précédentes, ne présente généralement rien de particulier. Là encore, lorsque le cylindre central est différencié complètement, on trouve au centre un vaisseau axial (nettement lignifié et spiralé vers la base de la racine), par rapport auquel se trouvent deux faisceaux libériens diamétralement opposés. Dans les mêmes régions, l'endoderme possède des plissements cutinisés (fig. 49, R et R').

Le cylindre central de la région du collet donne lieu exactement aux mêmes remarques que chez le *Butomus* et les *Alisma*. Les faisceaux libériens diamétralement opposés dans

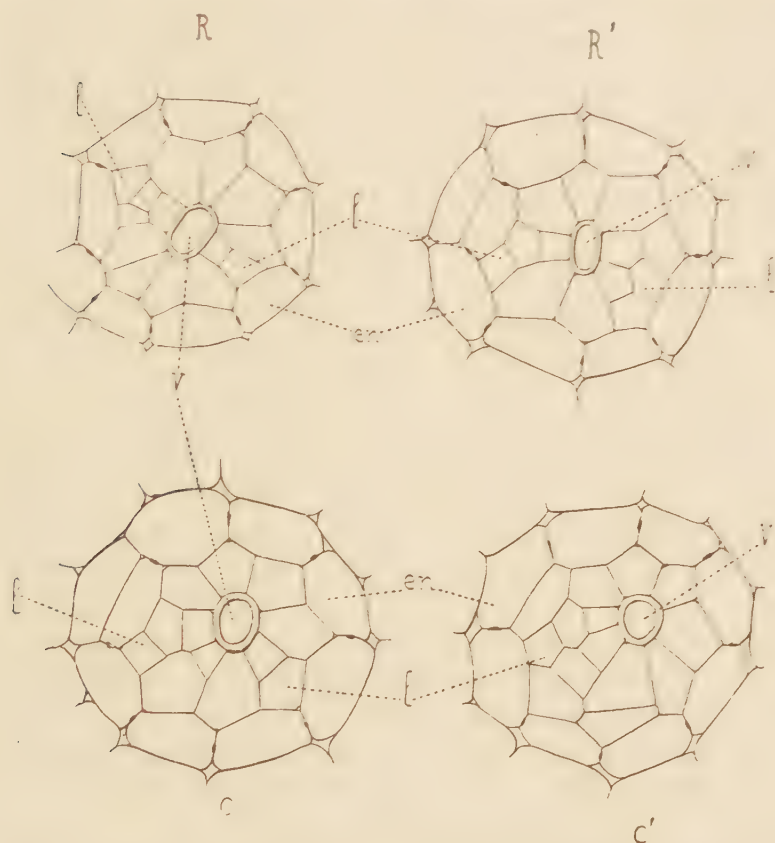


Fig. 49. — *Sagittaria sagittifolia*. — R et R', coupes successives dans la racine principale. C et C', coupes successives dans le collet; *en*, endoderme; *l*, liber; *v*, vaisseau central.

la racine, se rapprochent peu à peu l'un de l'autre, comme on peut le voir par la figure 49 (fig. 49, C et C').

Axe hypocotylé. — Ici encore, le liber se plaçant d'un seul côté du bois, nous retrouvons pour le cylindre central une structure de nervure foliaire, mais pas toujours aussi simple que chez l'*A. Plantago* ou l'*A. ranunculoides*. Tout d'abord, assez souvent, dans la portion supérieure de l'axe hypocotylé, le nombre des vaisseaux du bois (d'ailleurs bien lignifiés) augmente : on peut en trouver deux, plus rarement

trois. D'autre part, si le faisceau libérien est parfois aussi simple que chez l'*A. Plantago*, assez souvent il est plus compliqué (fig. 50). Enfin, tout à fait vers le haut de l'axe hypocotylé, il arrive généralement que le liber se dispose en arc sur le pourtour du ou des vaisseaux; cependant il existe toujours une région du cylindre central où le bois n'est séparé de l'endoderme que par une ou deux grandes cellules, alors qu'elles sont plus petites et disposées sur un grand

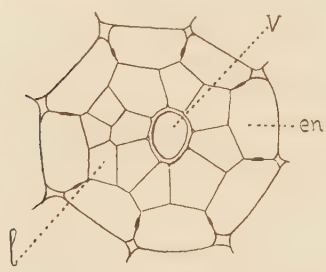


Fig. 50. — *Sagittaria sagittifolia*. — Axe hypocotylé; en, endoderme; l, liber; v, vaisseau central.

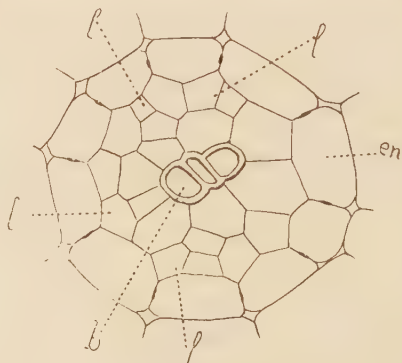


Fig. 51. — *Sagittaria sagittifolia*. — Région supérieure de l'axe hypocotylé. Mêmes lettres; b, bois.

nombre d'assises, sur le reste du pourtour du bois (fig. 51). De sorte que la symétrie bilatérale du cylindre central existe jusqu'au sommet de l'axe hypocotylé.

Pour ce qui est de l'épiderme et de l'écorce, ils sont construits comme chez les *Alisma*. Cependant, l'endoderme présente généralement des épaississements.

Je ne m'arrêterai pas au cotylédon, car sa structure ne diffère pas de celle du cotylédon des plantes précédentes.

Voyons maintenant ce qui se passe chez les jeunes plants provenant de germinations ayant eu lieu sur terre humide. Au premier abord, on remarque une différenciation, des éléments de soutien et du système conducteur, beaucoup plus complète que chez l'*A. Plantago* ou l'*A. ranunculoides*. En tout cas, la structure de nervure foliaire du cylindre central est toujours conservée et même est plus accentuée par suite de la disposition et de la taille relative des vaisseaux ligneux.

Examinons successivement des coupes faites vers la base, la région moyenne et la partie supérieure de l'axe hypocotylé.

Disons de suite que l'épiderme et l'écorce se comportent comme dans le cas d'une germination dans l'eau; cependant les méats sont peut-être un peu moins grands entre les cellules corticales. De plus, les cellules de la zone corticale interne ne se disposent pas très régulièrement en séries radiales, sauf tout à fait au voisinage du cylindre central, et encore pas sur toute la circonférence de la coupe. L'endoderme possède des plissements très accentués; d'autre part, presque toujours les cellules endodermiques sont cutinisées sur leur face antérieure.

Dans le cylindre central, le péricycle paraît faire défaut d'un bout à l'autre de l'axe hypocotylé. Les vaisseaux du bois, fortement lignifiés, se répartissent de la façon suivante. Tout d'abord leur ensemble forme une masse, sorte de faisceau grossièrement triangulaire, dont la partie généralement la plus large touche toujours l'endoderme (fig. 53). Dans la portion inférieure de l'axe hypocotylé, ce faisceau comprend trois ou quatre vaisseaux, dont l'un, toujours très large, occupe le centre du cylindre central. Le liber, sur les côtés du bois, forme généralement deux faisceaux séparés entre eux par deux ou trois grandes cellules, allant du vaisseau central à l'endoderme (fig. 52).

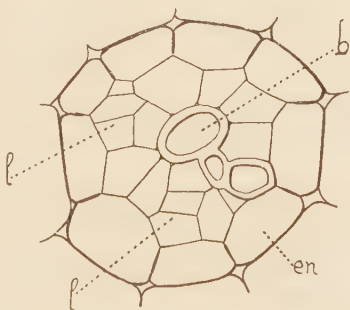


Fig. 52. — *Sagittaria sagittifolia*. — Germination sur terre humide; coupe dans l'axe hypocotylé; *en*, endoderme; *l*, liber; *b*, bois.

Dans la région moyenne, l'endoderme ne présente le plus souvent que les plissements habituels des faces latérales de ses cellules. Quant au cylindre central, sa symétrie bilatérale est peut-être plus nette que dans la région précédente. Le bois se comporte comme dans la partie inférieure de l'axe hypocotylé, mais le liber parfois ne forme qu'une seule masse; d'autres fois, deux faisceaux séparés par une grande cellule, à paroi souvent épaissie, reliant directement le vaisseau central à l'endoderme (fig. 53).

Enfin tout à fait vers le haut de l'axe hypocotylé le nombre des vaisseaux diminue et tombe à 3 ou à 2; le faisceau de bois ne touche plus l'endoderme, mais en est séparé par une rangée de cellules assez grosses et peu nombreuses; le vaisseau central est toujours large et bien lignifié.

En somme, la présence de ce vaisseau est généralement cons-

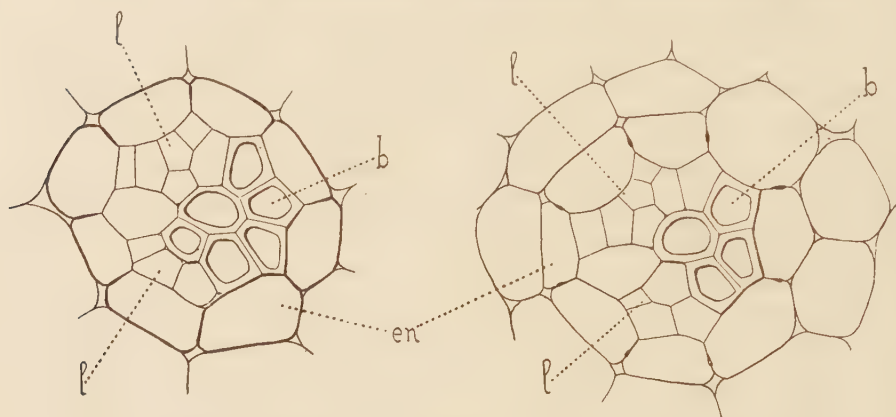


Fig. 53. — *Sagittaria sagittifolia*. — Germination sur terre humide; coupe dans l'axe hypocotylé. Mêmes lettres que dans la figure 52.

tante et le liber toujours placé d'un seul côté par rapport à ce dernier.

Nous avons vu que, dans le cylindre central de la racine principale, aussi bien chez les Butomées que chez les Alismacées, le liber et le bois mis à part, le reste du cylindre central est occupé par quelques grandes cellules, alternant avec l'endoderme et s'étendant chacune sur toute la largeur comprise entre cette assise et le vaisseau central. Quelle est la signification de cet ensemble de cellules? En premier lieu, il ne semble guère qu'on puisse le considérer comme représentant le péri-cycle; deux raisons paraissent appuyer cette hypothèse: tout d'abord cette assise de cellules manque en face des tubes criblés; d'autre part, la racine principale, même lorsqu'elle est très longue, ne se ramifie pas. Si on admet l'absence de péri-cycle dans la racine, il faut également l'admettre dans l'axe hypocotylé, qui, en dehors de la disposition relative du bois et du liber, présente une zone de grandes cellules analogues à celles qui, dans la racine, relie l'endoderme au vaisseau central.

Mais, on peut aussi supposer que l'absence de racinelles sur la racine principale, est corrélative de l'apparition précoce et du développement rapide des racines adventives; dans ces conditions la fonction rhizogène du péricycle ne devient plus indispensable et n'aurait pas lieu de se manifester.

Il est donc, en somme, très difficile de se prononcer sur la signification de cette assise de cellules.

CHAPITRE III. — NAIADACÉES.

Les auteurs qui se sont occupés de la germination et des premières phases du développement des végétaux de la famille des Naiadacées, sont assez nombreux. En me bornant aux deux tribus des Potamées et Naïadées, dans lesquelles se trouvent les plantes qui font l'objet de mon travail, je citerai par ordre de date les auteurs suivants :

Potamées. — Tittmann (1), à l'époque où il s'occupe de la germination de l'*Alisma Plantago*, décrit celle du *Potamogeton natans*; mais là encore on trouve un certain nombre d'inexactitudes; en particulier il prend de nouveau les poils absorbants du collet pour des racines adventives, et ne semble pas distinguer nettement la racine de l'axe hypocotylé.

Le Maout et Decaisne (2), dans leur traité général de Botanique, donnent des figures du fruit, de la graine et de l'embryon du *Potamogeton crispus*. De plus, ils indiquent dans le fruit l'existence de deux valves qui s'écartent à la germination.

Plus tard, Irmisch (3), dans un travail relatif à la germination de quelques Potamots, rappelle tout d'abord que, dans des recherches antérieures, il s'est occupé du mode de végétation d'un assez grand nombre d'espèces : *P. natans*, *lucens*, *crispus*, *obtusifolius*, *pectinatus*; puis *P. trichoides*, *P. densus*, etc. Ensuite l'auteur étudie d'une manière très précise la germination du *Potamogeton lucens*. Après avoir signalé le soulèvement

(1) Tittmann, même ouvrage que précédemment.

(2) Le Maout et Decaisne, *Id.*

(3) Irmisch, *Bemerkungen über die Keimpflanzen einiger Potamogeton-Arten* (Zeitschrift für die gesammten Naturwissenschaften, 1878).

du couvercle du fruit, il suit le développement des différentes parties de l'embryon. A la base de l'axe hypocotylé, il indique la présence d'un disque élargi, du milieu duquel part la racine principale. Cette partie est recouverte inférieurement de longs poils absorbants. Puis, après avoir décrit la racine, le cotylédon et les premières feuilles, l'auteur signale la présence de racines adventives à la base du cotylédon et suit le développement de certains bourgeons axillaires des feuilles inférieures, lesquels donnent des rameaux rampants dont il décrit l'aspect et le mode de végétation. Cette étude très précise a été faite, on le voit, surtout au point de vue de la morphologie externe. En ce qui concerne l'anatomie, l'auteur se borne à signaler, sans entrer dans aucun détail, la présence d'un faisceau libéroligneux dans le cylindre central de l'axe hypocotylé et dans le cotylédon.

M. Treub (1) a fait sur la racine du *Potamogeton crispus* les mêmes recherches que précédemment chez les Butomées et Alismacées. Il en est de même de M. Flahault (2) pour la radicule du *Potamogeton natans*.

M. Schenk (3) signale la présence de cavités aérifères dans le péricarpe du fruit des *Potamogeton* et dit que celui-ci finit par s'immerger par suite de l'introduction de l'eau dans ces cavités. D'après le même auteur, la racine principale n'a qu'une importance très relative pour la plante à cause du grand nombre et de la précocité des racines latérales. M. Schenk au cours de son travail cite M. Warming auquel il emprunte une figure se rapportant à *P. lucens*. D'après M. Warming (4), les poils absorbants ont non seulement un rôle nourricier, mais aussi un rôle fixateur.

M. Ascherson (5) donne des indications sur l'embryon dans le genre *Potamogeton* et signale également dans le fruit la présence d'un petit couvercle, qui saute à la germination.

Plus récemment, M. Sauvageau (6), au cours de recherches

1) Treub, *loc. cit.*

2) Flahault, *loc. cit.*

3) Schenk, *loc. cit.*

4) Warming, *Botanische Zeitung*, 1883.

5) Ascherson, dans *Die natürlichen Pflanzenfamilien* (A. Engler und K. Prantl, II, 1 Abteilung).

6) Sauvageau, *Notes biologiques sur les Potamogeton* (Journ. de Bot., 1894).

sur la multiplication végétative des Potamots, fait un certain nombre de remarques sur la germination de plusieurs espèces et résume comme il suit ses observations : « Les fruits de *Potamogeton*, après leur maturité apparente, restent généralement longtemps sans germer; le *P. densus*, toutefois, produit des fruits qui se développent en plantule peu de jours après qu'ils sont tombés sur le sol; les fruits du *P. trichoides* germent pendant l'hiver, ceux de *P. lucens*, *P. crispus*, *P. perfoliatus*, *P. pectinatus* attendent plusieurs mois et même près d'une année avant de germer (1) »; enfin *P. natans* devrait passer deux ou trois ans à l'état de vie latente.

Enfin M. Kólpin Ravn. F. (2) signale encore la présence d'espaces aérifères intercellulaires dans le fruit des Potamots.

Naiadées. — M. Magnus (3), dans un travail relatif au genre *Naias*, donne des renseignements très détaillés sur les différents travaux relatifs au fruit, à la graine et à la germination.

Je laisserai de côté les recherches ayant trait au fruit et à la graine, recherches très nombreuses et presque toutes critiquées par M. Magnus. Je rappellerai simplement que l'auteur, après avoir suivi le développement du fruit, conclut, en fin de compte, que la graine est enveloppée d'un tégument épais, formé d'un tissu pierreux, constitué par une dizaine d'assises de cellules fortement épaissies et ponctuées, recouvert chez le *Naias major*, par un épiderme, dont les cellules assez grandes, sont au contraire à parois minces. Avant M. Magnus, beaucoup d'auteurs ont considéré ce tissu pierreux comme faisant partie du péricarpe du fruit.

M. A. B. Rendle (4), dans un travail plus récent, s'occupe assez longuement du fruit des différentes espèces du genre *Naias*.

Parmi les travaux qui se rapportent à la germination, M. Magnus cite ceux d'Irmisch, de Gaspari et de Braun.

Irmisch (5) voit que le tégument de la graine est, à la germi-

(1) Sauvageau, *loc. cit.*

(2) Kólpin Ravn. F., *loc. cit.*

(3) Magnus, *Beiträge zur Kenntnis der Gattung Naias* (Berlin, 1870), et dans *Die natürlichen Pflanzenfamilien* A. Engler und K. Prantl. II, 1 Abteilung.

(4) A. B. Rendle, *Najadaceæ* dans *Engl. Pflanzenreich*, 1901.

(5) Irmisch, *Regensburger Flora*, 1865, p. 83.

nation, fendu en long et souvent soulevé par le cotylédon. Il étudie également la disposition des racines adventives et leurs relations avec les feuilles.

Gaspari indique que, non seulement le tégument est fendu en long, mais est, de plus, divisé en deux moitiés inégales, desquelles la supérieure, plus grande, recouvre pendant quelque temps la pointe du cotylédon.

D'autre part, Magnus signale les particularités suivantes. Au début, la racine principale est pourvue de longs poils absorbants, partant du point où elle touche l'axe hypocotylé. L'un des bords de la gaine du cotylédon recouvre l'autre, le reste du cotylédon a l'aspect d'un pétiole arrondi, allongé en forme de poinçon. Enfin l'auteur, suivant la plante jusqu'à la floraison, étudie successivement la position des premières feuilles, la ramification et la disposition des racines adventives. Il en est de même, plus tard, pour M. H. Schenk (1).

Dans ce chapitre, je vais étudier la germination de deux espèces de Potamots : le *Potamogeton perfoliatus* et le *P. natans*, et d'une seule espèce de Naiade, le *Najas major*. Comme on vient de le voir, la morphologie externe du développement d'un certain nombre de ces végétaux ayant été suivie de très près par plusieurs auteurs et plus particulièrement par Irmisch et Magnus, je m'attacherai surtout à la description anatomique des différentes parties des jeunes plants en voie de croissance.

Ce chapitre sera divisé en deux paragraphes, correspondant chacun à l'une des deux tribus précédentes.

POTAMÉES

La germination du *Potamogeton perfoliatus*, n'ayant pas été décrite par Irmisch, je prendrai cette espèce comme type d'étude.

1. — RÉCOLTE DES FRUITS ET ÉPOQUES DE LA GERMINATION DES GRAINES.

La récolte des fruits des différentes espèces de Potamots doit se faire généralement plus tôt que celle des fruits des Alismacées.

(1) Schenk, *loc. cit.*

Le moment qui paraît le plus convenable est le début de septembre. Les germinations peuvent commencer dès le milieu de ce mois et se poursuivre jusqu'en juillet de l'année suivante avec un maximum, vers mai ou juin.

Les fruits placés dans l'eau sont d'abord flottants, et ceci grâce à la partie externe et lacuneuse du péricarpe; car si on les racle, de façon à enlever cette région et à mettre à nu la partie sclérifiée, les fruits tombent au fond.

En tout cas, au bout d'un temps plus ou moins long, parfois quelques mois, la partie lacuneuse s'altère ou se détruit, se laisse pénétrer par l'eau et le fruit s'enfonce. La plupart du temps, la germination n'a lieu que lorsqu'il est submergé. Sur terre humide, elle peut aussi se produire, tout au moins chez le *P. perfoliatus*; mais il m'a été impossible de conserver les jeunes plants dans ces conditions. J'ai été obligé de les transporter dans l'eau, immédiatement après le soulèvement du couvercle du fruit, pour qu'ils puissent continuer leur évolution. De sorte qu'il n'y aura pas lieu de faire à ce sujet une distinction entre ces derniers et les précédents.

Le petit tableau suivant indique la fréquence des germinations aux différentes époques de l'année.

Polamogeton perfoliatus.

Fruits récoltés et mis en expérience au commencement de septembre 1906.

Dans l'eau.		Sur terre humide.	
16 sept. 1906. . .	1 germination.	26 janvier 1906. . .	3 germinations.
21 mars 1907. . .	2 germinations.	4 février.	1 —
15 mai 1907. . . .	Très nombreuses.	28 mars.	1 —
Juin.	Un peu moins nombreuses.	17 mai.	2 —
		23 mai.	1 —

Polamogeton natans.

15 mai 1907. . . .	3 germinations.	Aucune.
21 —	4 —	
Juin.	Nombreuses.	

Plus heureux que M. Sauvageau, j'ai obtenu des germinations de *P. natans* dès le mois de mai qui suivit la récolte.

2. — MORPHOLOGIE EXTERNE.

Voici quelles sont, pour le *Potamogeton perfoliatus*, les différentes phases de la germination. Tout d'abord, si on enlève la partie aérifère du péricarpe, on peut voir que le couvercle allongé,

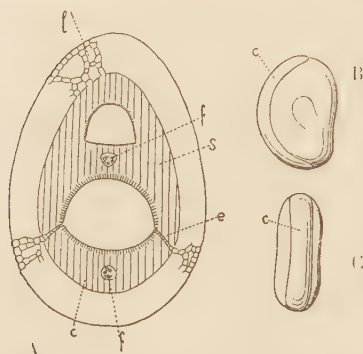


Fig. 54. — *Potamogeton natans*. — A, coupe schématique du fruit: *l*, partie lacuneuse et aërifère du péricarpe; *s*, partie sclérifiée; *e*, portion cellulosique séparant le couvercle C du reste de la portion sclérifiée du péricarpe; B, fruit, le tissu lacuneux étant enlevé; *c*, couvercle; C, le même, vu du côté du couvercle.

qui en se déboîtant permet à l'embryon de se développer, se trouve du côté externe du fruit, et est séparé du reste par un sillon continu. Si on fait une coupe transversale au travers du péricarpe, on remarque que dans sa partie sclérifiée, la région correspondant au sillon est occupée par une ligne de cellules, dont les parois sont restées cellulósiques. Ces particularités de structure sont d'ailleurs bien visibles dans les fruits un peu plus gros du *P. natans* (fig. 54, A).

Dès lors, on comprend facilement comment ce couvercle est soulevé par l'embryon, puisqu'il est relié au reste du tissu sclérifié par une zone de moindre résistance, la-



Fig. 55. — *Potamogeton perfoliatus*. — Premières phases de la germination; *cv*, couvercle; *ah*, axe hypocotylé; *n*, nœud cotylédonaire; *co*, cotylédon.

quelle peut se décomposer dans l'eau en même temps que la partie externe et lacuneuse du fruit.

L'embryon étant fortement courbé, lorsque le couvercle a été repoussé, sans être d'ailleurs détaché, la jeune plante, suivant les cas, peut être de suite rectiligne ou bien demeurer courbée en arc (fig. 55),

le cotylédon pouvant rester par son extrémité dans la cavité du fruit, parfois jusqu'à l'apparition d'un certain nombre de feuilles et se flétrir dans cette position (fig. 56).

A la base de l'axe hypocotylé, qui souvent reste longtemps enveloppée des deux parties écartées du péricarpe, il existe toujours un fort talon, indiquant la région du collet et auquel la racine principale s'attache non au milieu, mais tout à fait sur le côté. Là, comme chez les Butomées et les Alismacées, se fixent les premiers et grands poils absorbants.

D'autre part la radicule ne s'allonge pas toujours en racine principale, elle peut rester rudimentaire. Dans ce cas, c'est la première racine

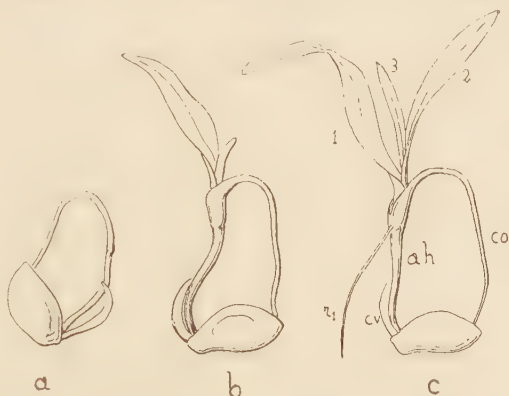


Fig. 56. — *Potamogeton perfoliatus*. — Germinations peu avancées; cv, couvercle; ah, axe hypocotylé; co, cotylédon; r, première racine adventive; 1, 2, 3, premières feuilles.

latérale qui s'allongeant vient remplacer la racine principale. Cette première racine n'est pas placée exactement comme chez les Alismacées; elle apparaît encore à la base du cotylédon mais se place un peu de côté, plus ou moins près du dos ou de la fente de la gaine.

La racine principale, quand elle se développe, peut acquérir une très grande longueur, 7 à 8 centimètres et plus, sans d'ailleurs se ramifier. De bonne heure elle porte des poils absorbants serrés surtout près de son extrémité. L'axe hypocotylé, au contraire, ne dépasse guère 3 millimètres sur un peu moins de 1 millimètre de diamètre.

En revanche, la gaine du cotylédon est relativement longue, et fendue sur presque toute sa longueur, sauf près de la base.

L'axe épicotylé n'est pour ainsi dire pas visible, tant qu'il n'y a que deux ou trois feuilles; mais il s'allonge peu à peu, portant des feuilles régulièrement échelonnées disposées sur deux rangs et laissant entre elles d'assez longs entre-nœuds. Puis

lorsque le plant a pris une longueur de 4 à 5 centimètres, il émet à l'aisselle de ses feuilles inférieures des rameaux qui viennent ramper sur le fond, se transformant ainsi en stolons. Ces formations ayant été décrites par Irmisch dans un certain nombre d'espèces, je ne m'y arrêterai pas.

La germination ainsi que les premières phases du développement du *Potamogeton natans*, rappellent de très près ce qui se passe chez le *P. perfoliatus*.

Lorsque les feuilles ne sont pas encore formées, les seules différences que l'on constate résident d'abord dans la taille généralement plus grande des jeunes plants et dans ce fait qu'ils ne restent jamais courbés en arc, comme cela se produit quelquefois dans l'espèce précédente. En tout cas je ne l'ai pas remarqué sur les nombreuses germinations que j'ai obtenues (fig. 57, *a, b*). De plus, généralement, la racicule se développe toujours en racine principale, comme d'habitude, non ramifiée. Elle s'at-

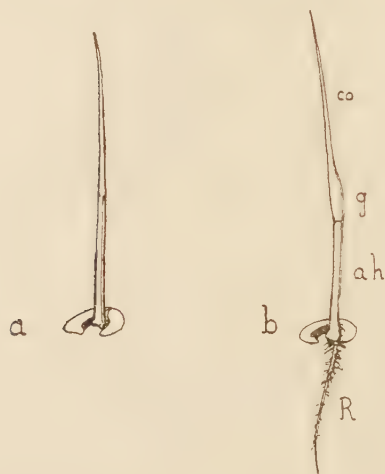


Fig. 57. — *Potamogeton natans*. — Premières phases de la germination : le péricarpe, dont la portion lacuneuse est plus ou moins décomposée, entoure la base de l'axe hypocotylé ; R, racine ; ah, axe hypocotylé ; g, gaine ; co, cotylédon.

tache encore dans une position excentrique sur le large talon couvert de poils absorbants, correspondant à la région du collet.

Les racines adventives donnent lieu aux mêmes remarques que dans l'espèce précédente.

3. — MORPHOLOGIE INTERNE.

Examinons une série de coupes successives faites dans le *P. perfoliatus*, de la racine principale au sommet de l'axe hypocotylé, dans un plant où la racine principale a pris déjà une certaine étendue.

Racine. — Près de son sommet, mais encore dans la région des poils absorbants la racine possède la structure suivante (fig. 58).

L'assise pilifère est formée de cellules assez grandes, à parois

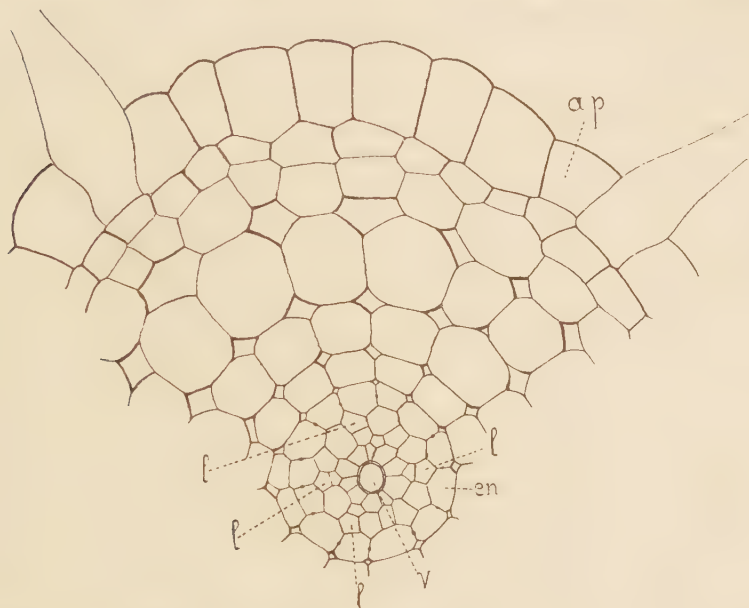


Fig. 58. — *Potamogeton perfoliatus*. — Coupe près du sommet de la racine principale: *ap*, assise pilifère; *en*, endoderme; *l*, liber; *v*, vaisseau axial.

peu épaisses, mais colorées en brun jaunâtre; çà et là elles se prolongent en poils absorbants, dont la longueur peut dépasser le diamètre total de la coupe. Les cellules de cette région sont les plus volumineuses de toutes celles de la section.

La zone corticale externe n'est formée, ici, que de deux couches de cellules. L'assise subéreuse qui est la première, est constituée par de petites cellules, dont les parois latérales sont assez fortement épaissies, les autres le sont beaucoup moins.

Dans la zone corticale interne on compte 4 assises cellulaires dont les éléments se disposent très régulièrement en séries radiales. Les cellules de la première sont presque aussi grandes que celles de l'assise pilifère, puis vont en décroissant de taille jusqu'à celles de l'endoderme dont les faces latérales portent des épaississements très nets. D'une façon générale les méats de l'écorce sont très larges.

Le cylindre central comprend 4 faisceaux libériens très simples, réduits pour ainsi dire chacun à un seul tube criblé de section pentagonale, qui touche l'endoderme; au centre, on trouve un vaisseau de bois, bien lignifié et spiralé. Autour de ce vaisseau existe un cercle de très petites cellules, reliées à l'endoderme par d'autres un peu plus grandes. On voit que le péricycle manque, en face des faisceaux libériens (1). Le diamètre total de la section est d'environ 0^{mm}.17.

Lorsqu'on examine, dans la même région, le cylindre central de la racine de plants un peu plus âgés, il arrive assez souvent que le vaisseau ligneux ne se trouve plus tout à fait dans l'axe même du cylindre central et dans ce cas, sur l'un des côtés de ce vaisseau on peut en apercevoir 1 ou 2 beaucoup plus petits.

Si, maintenant, on regarde une coupe faite près de la base de la racine principale, on voit d'abord que l'assise pilifère disparaît çà et là (et ceci d'ailleurs jusqu'au talon qui peut encore porter quelques poils absorbants), tandis que les cellules de l'assise subéreuse s'agrandissent et s'épaississent davantage. Le parenchyme cortical, plus épais, est dans sa région interne, moins régulier et généralement moins lacuneux que plus près du sommet. L'endoderme présente toujours ses plissements caractéristiques.

La structure du cylindre central est plus compliquée; on retrouve encore les 4 faisceaux libériens, mais plus différenciés; d'autre part, le nombre des faisceaux du bois s'est accru; et accompagnant un vaisseau axial, à section assez large, on trouve d'abord 2, puis plusieurs vaisseaux généralement plus étroits (fig. 59, R).

Le contour des coupes faites au travers du collet (fig. 59, C) n'est plus une circonférence grâce à la présence du talon conique qui marque cette région. Vers la base, elles ont, comme on l'a vu pour les plantes des familles précédentes et même d'une façon encore plus accentuée, l'aspect d'une portion de cercle, portant une dépendance étalée en éventail; et, plus haut, grossièrement celui d'une demi-circonférence, avec le cylindre central placé en position excentrique.

(1) M. Sauvageau a signalé ce fait dans les racines adventives d'un grand nombre d'espèces de *Potamogeton*.

Dans cette région le cylindre central est caractérisé par ce fait que les faisceaux libériens, encore au nombre de 4, tendent, comme la figure 59 permet de le supposer, à se placer sur un arc latéral au bois, en se rapprochant l'un de l'autre, de part et d'autre de celui-ci. Il y a par conséquent une ébauche de symétrie bilatérale. Le bois est formé de 2 ou 3 vaisseaux, bien lignifiés, dont le plus large occupe à peu près l'axe du cylindre

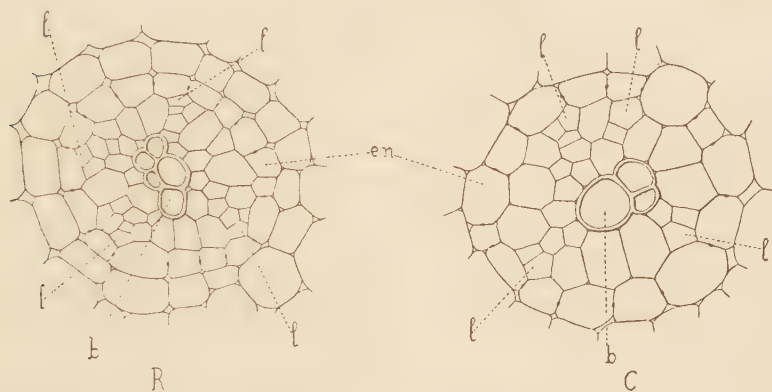


Fig. 59. — *Potamogeton perfoliatus*. — R, coupe près de la base de la racine; en, endoderme; l, liber; b, bois; C, coupe au collet; mêmes lettres.

central. Ici encore, et pour la même raison que dans la racine, le péricycle fait défaut en face du liber.

Axe hypocotylé. — Si on examine des coupes successives, faites dans la moitié inférieure de l'axe hypocotylé, on voit que dans le cylindre central, la tendance du liber à se placer en arc est complètement réalisée. Les figures 60 A et 60 B correspondant, l'une à une coupe faite tout à fait à la base de l'axe hypocotylé, l'autre à une coupe faite environ à mi-hauteur, montrent clairement cette disposition. On voit en effet que d'un côté, les vaisseaux ne sont séparés de l'endoderme que par une assise de 2 à 3 cellules assez grandes, tandis que sur tout le reste de la circonférence les cellules plus petites et plus nombreuses se disposent sur 2 ou 3 assises, dans lesquelles on distingue nettement les faisceaux libériens qui viennent toucher l'endoderme.

D'après cela il semble permis de comparer la structure du cylindre central dans la première moitié de l'axe hypocotylé,

avec celle d'une nervure foliaire, comme nous l'avons vu pour l'axe hypocotylé tout entier, chez les 4 plantes des 2 familles précédentes.

Pour ce qui est du bois, on trouve toujours plusieurs vaisseaux, au moins 2, inégaux, bien lignifiés et accolés les uns aux autres. Le faisceau est assez fréquemment réuni par toute sa surface avec les cellules voisines, mais souvent aussi, il en est

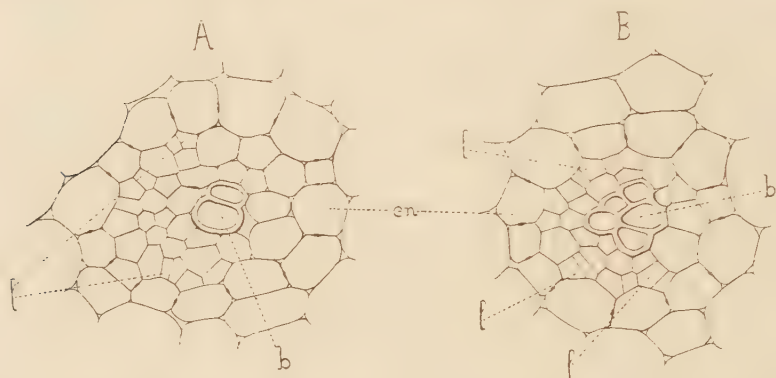


Fig. 60. — *Potamogeton perfoliatus*. — A, coupe à la base de l'axe hypocotylé; en, endoderme; l, liber; b, bois; B, coupe plus haut, mêmes lettres.

séparé, au moins d'un côté, par une lacune plus ou moins étendue.

Le reste de la section, épiderme et écorce, ne présente rien de très particulier. L'épiderme sans stomates est formé de cellules assez grandes et cutinisées extérieurement. L'écorce se compose de cellules arrondies, constituant un parenchyme lacuneux, dont les cellules diminuent de taille et se serrent au voisinage de l'endoderme, sans d'ailleurs se disposer nettement en séries radiales. Les cellules endodermiques sont pourvues de plissements cutinisés latéraux. L'épiderme et l'écorce ont le même aspect sur toute la longueur de l'axe hypocotylé.

Si maintenant on examine des coupes successives, faites dans la moitié supérieure de l'axe hypocotylé, on voit que la symétrie bilatérale du cylindre central est beaucoup moins nette que dans la région précédente, et à mesure que l'on s'élève, elle se masque de plus en plus et même finit par disparaître, parfois

assez rapidement. En général, la structure du cylindre central est la suivante :

Au centre, un faisceau de bois, formé de 3 ou 4 vaisseaux à section arrondie et fort peu accolés les uns aux autres ; le tout entouré d'une lacune grossièrement circulaire, dont les parois s'appliquent çà et là à la surface du faisceau ligneux. Cette

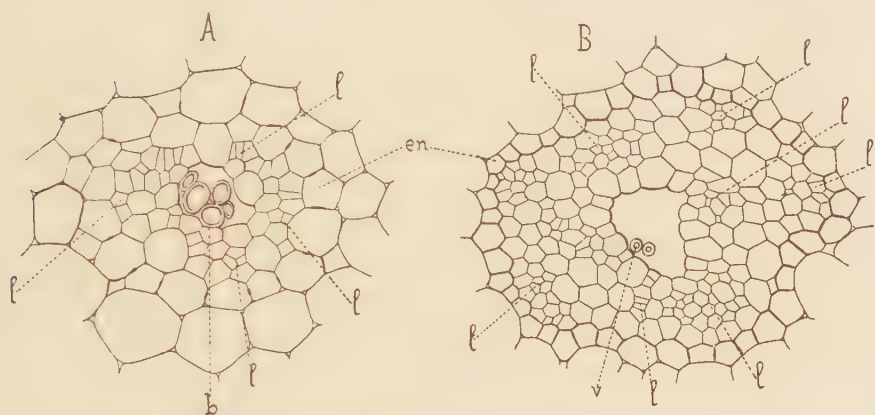


Fig. 61. — *Potamogeton perfoliatus*. — A, coupe au sommet de l'axe hypocotylé; mêmes lettres que dans la figure 60; B, coupe dans un entre-nœud de l'axe épicotylé jeune; mêmes lettres; v, vaisseaux ligneux.

lacune s'accroît de plus en plus à mesure que l'on s'approche du sommet de l'axe hypocotylé. D'autre part, le liber se dispose en 4 ou 5 faisceaux, les uns touchant l'endoderme, les autres, assez rarement cependant, en paraissant séparés par 1 ou 2 cellules, sinon sur toute leur surface extérieure, au moins sur une partie de celle-ci (fig. 61, A).

Or, si l'on fait une coupe dans un entre-nœud de l'axe épicotylé d'un jeune plant pourvu seulement de quelques feuilles, on voit que dans le cylindre central il existe au centre une grande lacune, dans l'intérieur de laquelle on peut distinguer, accolés aux parois, quelques vaisseaux de bois. Le reste est occupé par un parenchyme assez serré où se trouvent des faisceaux libériens, dont les uns touchent à l'endoderme, alors que d'autres sont placés dans le parenchyme autour de la lacune (fig. 61, B). On pourrait donc expliquer la structure particulière que prend l'axe hypocotylé dans sa moitié supérieure, en admettant qu'un peu avant le nœud cotylédonaire, son cylindre central tende à se

disposer sur le plan de celui des premiers entre-nœuds de l'axe épicotylé; mais peut-être vaut-il mieux rapprocher cette structure de celle de la nervure du cotylédon.

Cotylédon. — La structure du cotylédon est très simple; une coupe faite dans la région de la gaine montre un parenchyme lacuneux et assez homogène compris entre deux épidermes cutinisés extérieurement; les cellules épidermiques externes étant comme d'habitude plus grandes que celles de l'épiderme interne. Il n'existe qu'une seule nervure, placée beaucoup plus près de la face ventrale que de l'autre, et formée de deux vaisseaux, placés dans une lacune, à l'extérieur de laquelle se trouve le liber. La gaine cotylédonaire, ainsi qu'on peut le voir par des coupes successives, est complètement fermée vers sa partie inférieure, mais se fend plus haut.

Si l'on compare à présent la structure des différentes régions du *Potamogeton natans* avec les mêmes régions du *P. perfoliatus*, on trouve entre ces deux espèces d'assez grandes analogies, tout au moins en ce qui concerne la racine principale, le collet et la première moitié de l'axe hypocotylé. Il y a cependant un certain nombre de différences, dont les principales consistent: pour la racine, d'abord dans le nombre parfois plus élevé des faisceaux libériens et des vaisseaux du bois; puis dans ce fait que les cellules endodermiques présentent assez tôt de forts épaississements en U (1) du côté interne et en face des faisceaux libériens; pour la région supérieure de l'axe hypocotylé, dans la disposition du liber, dont tous les faisceaux semblent jusqu'au bout toucher à l'endoderme; enfin, pour le cotylédon, dans la gaine qui est toujours plus longuement et plus largement fendue que chez *Potamogeton perfoliatus*.

NAIADÉES

1. — RÉCOLTE DES FRUITS ET ÉPOQUES DE LA GERMINATION DES GRAINES.

Les fruits du *Naias major* ont été recueillis et mis en expérience à la fin du mois de septembre. Toutes les germinations

(1) M. Sauvageau a signalé et étudié la présence de pareils épaississements dans la racine adventive du *P. natans*: *Structure de la racine des Naias et des Potamogeton* (Journ. de Bot., III, 1889).

qui se sont produites provenaient de fruits placés dans l'eau ; aucune n'a eu lieu sur terre humide. Ces fruits, assez lourds, vont au fond dès qu'on les jette dans l'eau. La plupart du temps, lorsqu'ils sont bien mûrs, le péricarpe surmonté des trois styles se sépare très facilement de la graine à la moindre pression ; d'ailleurs au bout de quelque temps d'immersion, cette partie vient presque toujours surnager à la surface.

Les germinations, malgré la quantité relativement grande de fruits récoltés, n'ont pas été très nombreuses, une quinzaine en tout, pour près d'une centaine de fruits. D'une façon générale et dans les mêmes conditions que pour toutes les plantes précédentes, la germination peut commencer en février et se poursuivre jusqu'en juin avec un maximum en avril.

Malgré ce petit nombre de résultats, j'ai pu conserver quelques-uns des jeunes plants jusqu'à l'apparition des 5 ou 6 premières feuilles.

2. — MORPHOLOGIE EXTERNE.

La germination et le développement ayant été bien décrits, comme on l'a vu dans l'historique, je me contenterai d'en indiquer très brièvement les principaux points.

Au début, l'axe hypocotylé, ayant fait saillie à l'extérieur, le cotylédon en s'allongeant soulève le tégument fendu de la graine, lequel peut persister pendant quelque temps à son extrémité (fig. 62, *a*). Au sommet de l'axe hypocotylé, un renflement très visible indique le nœud cotylédonaire, au-dessus duquel on ne tarde pas à voir apparaître la gaine fendue du cotylédon. A la base de l'axe hypocotylé, une région un peu élargie, mais bien moins que chez les Potamots, indique le collet et se couvre de très

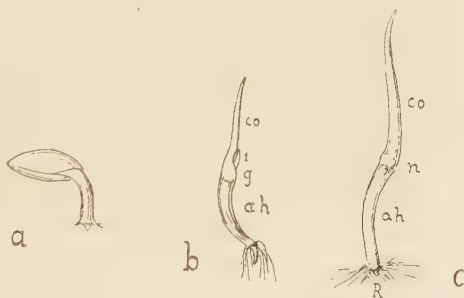


Fig. 62. — *Naïas major*. — Premières phases de la germination ; R, radicule ; ah, axe hypocotylé ; n, nœud cotylédonaire ; g, gaine ; co, cotylédon ; ¹, première feuille.

longs poils absorbants; au-dessous, sous forme d'un petit cône, apparaît la racine principale (fig. 62, c).

Puis ces différentes régions s'accroissent peu à peu; la gemmule se développe et l'on voit sortir de la gaine cotylédonnaire les deux premières feuilles, qui semblent opposées, mais

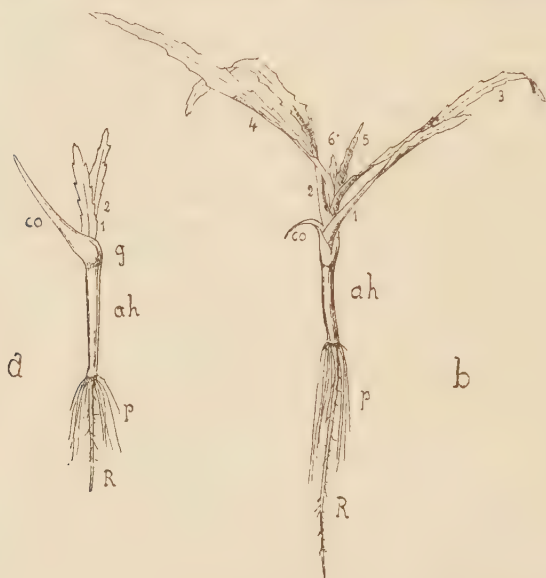


Fig. 63. — *Naias major*. — Plants plus âgés; mêmes lettres que dans la figure 62; p, poils du collet. — Les chiffres indiquent les feuilles successives.

qui en réalité sont séparées par un très court entre-nœud (fig. 63, a). Enfin, graduellement la jeune plante prend l'aspect représenté en b, fig. 63. On remarque ici, que la racine principale est relativement forte et qu'il n'existe pas encore de racines latérales.

Ayant surtout en vue l'étude anatomique des jeunes individus, je n'ai pas eu besoin d'en poursuivre plus loin le développement.

3. — MORPHOLOGIE INTERNE.

Racine. — Si on pratique une coupe près du sommet de la racine principale, on voit que l'axe du cylindre central n'est occupé que par un seul vaisseau à paroi non lignifiée, autour duquel se disposent 7 ou 8 cellules rayonnantes.

Au delà, et alternant avec l'endoderme, se trouve un deuxième cercle de cellules dans lequel sont placés 3 ou 6 faisceaux libériens très simples, réduits chacun à un tube criblé, accompagné de quelques petites cellules. Comme le liber touche l'endoderme, la racine principale est dépourvue de péricycle en face des tubes criblés.

L'assise pilifère mise à part, l'écorce se compose, vers l'extérieur de cellules arrondies aux angles, entre lesquelles se trouvent de petits méats triangulaires, et vers l'intérieur de deux assises où les cellules se disposent en séries radiales et laissent entre elles de petits méats losangiques. L'endoderme qui forme la seconde assise présente des plissements sur les faces latérales de ses cellules.

Une coupe pratiquée dans la région moyenne de la racine, montre avec la première les différences suivantes :

Dans le cylindre central, il existe 3 vaisseaux, d'ailleurs non lignifiés et occupant à peu près le centre de la section. Au delà on trouve plusieurs assises de cellules assez irrégulièrement disposées, et enfin, contre l'endoderme un certain nombre de faisceaux libériens toujours très simples.

Dans l'écorce, l'endoderme peut avoir ou non, ses cellules cutinisées sur tout leur pourtour, sauf sur leur face interne ; d'ailleurs les plissements des faces latérales existent toujours.

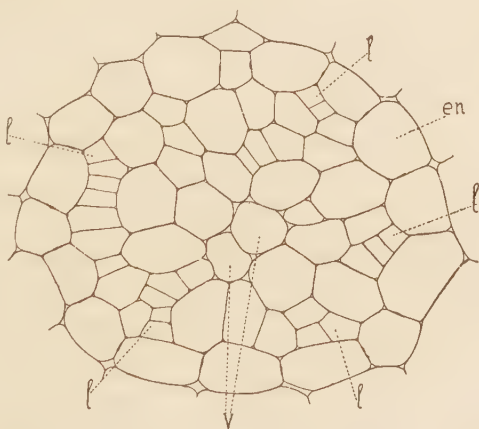


Fig. 64. — *Naias major*. — Coupe dans la région basilaire de la racine ; *en*, endoderme ; *l*, liber ; *v*, vaisseaux non lignifiés.

Enfin, dans les coupes pratiquées, vers la base de la racine, on ne trouve plus que 2 vaisseaux dans le cylindre central (fig. 64).

Une coupe faite à la base de l'axe hypocotylé, dans la région des grands poils absorbants, au collet par conséquent, présente une structure analogue à celle de la racine. Cependant dans le

cylindre central, autour des deux vaisseaux, on remarque une assise de grandes cellules, au delà desquelles se disposent, toujours contre l'endoderme, les faisceaux libériens.

Axe hypocotylé. — Examinons d'abord le cylindre central de cette région.

D'une façon générale, sur toute l'étendue de l'axe hypocotylé, on trouve, dans l'axe même du cylindre central, un seul vaisseau à paroi très légèrement lignifiée. Ce vaisseau est, à

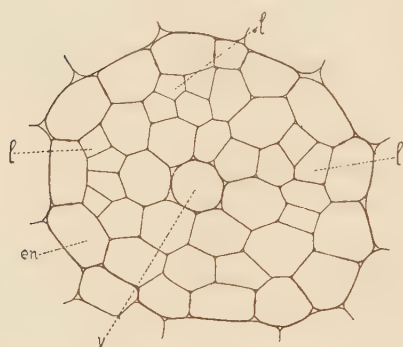


Fig. 65. — *Naïas major*. — Coupe à la base de l'axe hypocotylé; mêmes lettres que dans la figure 64.

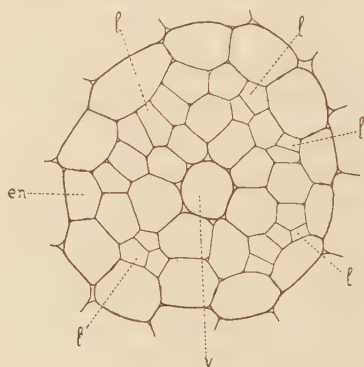


Fig. 66. — *Naïas major*. — Coupe dans l'axe hypocotylé un peu plus haut que dans la figure 65; mêmes lettres.

peu près jusqu'aux deux tiers de la hauteur de l'axe hypocotylé, entouré d'un cercle de grandes cellules, assez régulières, au delà duquel se trouve une deuxième assise où se placent les faisceaux libériens; ceux-ci, comme d'habitude, sont situés contre l'endoderme. Au premier abord, on voit nettement que dans un certain nombre de coupes successives, intéressant la moitié inférieure de l'axe hypocotylé, le liber n'est pas disposé en cercle, mais en arc autour du vaisseau central (fig. 65). De plus, alors même que l'arc des faisceaux libériens tend à se fermer (fig. 66), on constate que sur une portion de sa circonférence, le vaisseau n'est séparé de l'endoderme que par une seule épaisseur de cellules (d'ailleurs toujours en petit nombre, une ou deux) alors que du côté opposé il en existe toujours deux (fig. 65 et 66). Le cylindre central présente donc ici une symétrie bilatérale. Dans la racine, il est vrai, les vaisseaux sont souvent un peu excentriques et parfois l'un d'eux n'est séparé

de l'endoderme que par une seule assise formée de une ou deux cellules ; de sorte que si l'on n'avait pas l'aspect représenté figure 65 on pourrait être tenté de considérer la région de l'axe hypocotylé correspondant à la figure 66 comme ayant une structure voisine de celle de la racine.

La symétrie bilatérale est d'ailleurs assez rapidement masquée et vers la partie supérieure de l'axe hypocotylé, le vaisseau axial est complètement entouré d'un système de deux cercles de cellules, dont le second contient les faisceaux libériens.

En dehors du cylindre central, l'axe hypocotylé présente un épiderme et une écorce semblables sur toute son étendue. L'épiderme est formé de cellules un peu hautes, cutinisées extérieurement. L'écorce n'est pas très lacuneuse, ses cellules ne laissent entre elles, la plupart du temps, que des méats triangulaires, et ne se disposent pas en séries radiales dans sa partie profonde ; l'endoderme possède toujours des plissements sur les faces latérales de ses cellules, lesquelles, d'ailleurs, comme dans la racine, peuvent être un peu épaissies sur tout leur contour sauf sur leur face interne.

Cotylédon. — Le cotylédon est constitué par un tissu homogène, formé de cellules aux angles arrondis, un peu plus serrées et plus petites vers la nervure.

Dans la région de la gaine cette nervure est, comme d'habitude, plus rapprochée de l'épiderme interne que de l'épiderme externe. Celui-ci est formé d'ailleurs de cellules plus grandes que celles de l'autre. Tous deux sont cutinisés. La nervure se compose, vers l'intérieur, d'un vaisseau à paroi très mince et vers l'extérieur de quelques faisceaux libériens disposés en arc et séparés du vaisseau par une assise de cellules arrondies parfois assez grandes (fig. 67). Il y a donc, comme on peut le voir, une certaine analogie entre le faisceau libéroligneux cotylédonaire et la structure du cylindre central dans la moitié inférieure de l'axe hypocotylé.

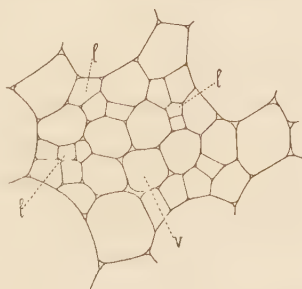


Fig. 67. — *Naias major*. — Nervure du cotylédon. Mêmes lettres que dans la figure 66.

CONCLUSIONS DE LA SECONDE PARTIE

En résumé, les germinations des plantes étudiées dans ce travail, quoique parfois assez difficiles à obtenir, s'effectuent néanmoins plus aisément que ne le ferait supposer la faculté très développée que possèdent ces plantes de se propager par voie végétative. De l'étude des quelques espèces envisagées ici, on peut tirer les conclusions suivantes :

La racine principale possède un développement moins rapide que l'axe hypocotylé, lequel atteint généralement sa longueur définitive, alors que la racine principale est encore très courte. La taille de celle-ci est souvent fort réduite, parfois nulle. Cette racine n'est jamais ramifiée, même quand elle acquiert une grande longueur.

Le cylindre central, toujours très simple, présente deux cas à considérer. Chez les Butomées et les Alismacées, il comprend un vaisseau central et deux faisceaux libériens diamétralement opposés ; ceux-ci se trouvent réduits fréquemment à un tube criblé, de section pentagonale ou losangique (appuyé contre l'endoderme et relié au vaisseau central par une petite cellule de forme souvent carrée ou rectangulaire. Il peut cependant arriver que l'un des faisceaux (plus rarement les deux) soit un peu plus compliqué vers la base de la racine. Le vaisseau central est d'ailleurs presque toujours non lignifié, sauf quand la plante s'est développée sur terre humide.

Chez les Najaadées, le cylindre central est moins simple. Il y a d'habitude plusieurs vaisseaux, cellulotiques chez les Najaadées, et lignifiés chez les Potamées, où le plus volumineux est généralement à peu près central. Le liber est formé d'un plus grand nombre de faisceaux que dans les plantes des deux familles précédentes ; ces faisceaux sont aussi plus compliqués en général ; mais ils possèdent souvent au moins une cellule pentagonale ou losangique représentant un tube criblé et appuyée contre l'endoderme.

Presque partout (sauf chez les Najaadées où il est moins accentué) le collet est caractérisé par un élargissement brusque et un peu irrégulier, de forme tronconique, por-

tant chez toutes les plantes étudiées de très longs poils absorbants.

En ce qui concerne le passage de la racine à l'axe hypocotylé, tout semble se passer comme si une partie du liber de la racine se déplaçait. Chez les Butomées et les Alismacées, il y aurait rotation d'un des faisceaux qui viendrait se fusionner avec l'autre, ou s'accoler plus ou moins à ce dernier (Butome), pour former le faisceau libéroligneux caractéristique de l'axe hypocotylé. Chez les Najaadacées, ce serait un peu différent, le liber se concentrerait en arc ou en croissant sur le côté du bois.

Chez les Butomées et les Alismacées, le cylindre central de l'axe hypocotylé possède une symétrie bilatérale, jusqu'au sommet de cette région, et un aspect très net de nervure foliaire que l'on peut comparer à celle qui parcourt le cotylédon. Le bois, presque toujours lignifié, est représenté sur la plus grande partie de la longueur de l'axe hypocotylé par un vaisseau central parfois un peu excentrique. Le liber, qui est toujours contigu à l'endoderme, est plus compliqué chez les Butomées que chez les Alismacées, sauf peut-être chez la Sagittaire. En tout cas, la forme la plus simple du faisceau libérien est celle d'une cellule pentagonale, analogue à celles que l'on trouve dans la racine, représentant encore un tube criblé placé contre l'endoderme et séparé du bois par une cellule carrée ou rectangulaire. Vers la partie supérieure de l'axe hypocotylé, le nombre des éléments du bois et du liber augmente généralement.

Chez les Najaadacées, la symétrie bilatérale du cylindre central, avec liber en arc autour du bois, ne se remarque bien que dans la moitié inférieure de l'axe hypocotylé. La section du liber donne lieu aux mêmes observations que dans la racine ; quant au bois, il est représenté chez les Potamées par des vaisseaux bien lignifiés et chez les Najaadées par un vaisseau unique, un peu excentrique, à peine lignifié, parfois pas du tout.

Dans toutes les plantes étudiées, l'épiderme de l'axe hypocotylé est dépourvu de stomates.

Le cotylédon est formé d'un parenchyme homogène entouré d'un épiderme cutinisé, et est parcouru par une nervure plus rapprochée de la face interne ou ventrale que de la face externe. Chez les Butomées et les Alismacées, la structure de cette ner-

vure rappelle celle du cylindre central de l'axe hypocotylé; chez les Naïadacées, la nervure du cotylédon possède une structure qui se rapproche de celle du cylindre central dans la région inférieure de l'axe hypocotylé, là où la symétrie est bilatérale.

En terminant, j'adresse à mon maître, M. Gaston Bonnier, l'expression de ma profonde gratitude pour les précieux conseils et les encouragements qu'il m'a prodigués au cours de ces recherches. J'exprime également à M. Léon Dufour, Directeur adjoint du laboratoire de Biologie végétale de Fontainebleau, mes très vifs remerciements pour l'intérêt qu'il a toujours témoigné à mon travail.

DEUXIÈME THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

1^o ZOOLOGIE. — De la dissémination par génération asexuée chez
les Cœlentérés et les Bryozoaires.

2^o GÉOLOGIE. — Structure géologique du Morvan.

Vu et approuvé : Paris, le 5 février 1908.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

PAUL APPELL.

Vu et permis d'imprimer : Paris, le 5 février 1908.

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

L. LIARD.

